

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002148458
PUBLICATION DATE : 22-05-02

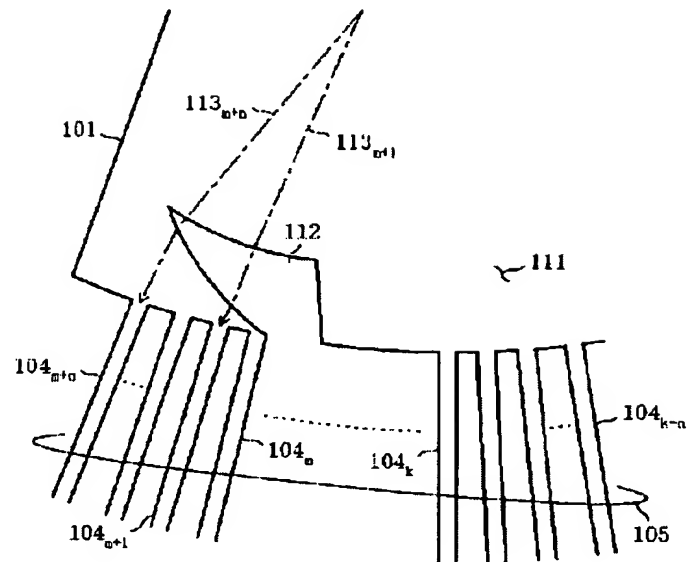
APPLICATION DATE : 16-11-00
APPLICATION NUMBER : 2000348870

APPLICANT : NEC CORP;

INVENTOR : KANEKO TARO;

INT.CL. : G02B 6/12 H04B 10/28 H04B 10/02

TITLE : ARRAY WAVEGUIDE GRATING,
WAVEGUIDE ELEMENT,
DEMULTIPLEXING APPARATUS,
MULTIPLEXING APPARATUS, AND
OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a demultiplexing apparatus, a multiplexing apparatus, and an optical communication system using an array waveguide grating which can adjust a signal level outputted from each waveguide without requiring a circuit component for compensating a loss difference or a highly precise component mounting operation.

SOLUTION: In a waveguide element, the light output of a desired ratio can be obtained from each output waveguide by adding a loss factor to a slab waveguide and a light path of each output waveguide. Therefore, a waveguide element or an array waveguide grating, a demultiplexing apparatus, a multiplexing apparatus and an optical communication system using such a waveguide element or an array waveguide grating, which can adjust a signal level outputted from each waveguide without requiring the circuit component and a highly precise component mounting operation to compensate a loss difference, are realized.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-148458

(P2002-148458A)

(43) 公開日 平成14年5月22日 (2002.5.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 B 6/12		G 0 2 B 6/12	F 2 H 0 4 7
H 0 4 B 10/28		H 0 4 B 9/00	W 5 K 0 0 2
10/02			

審査請求 有 請求項の数48 O L (全 34 頁)

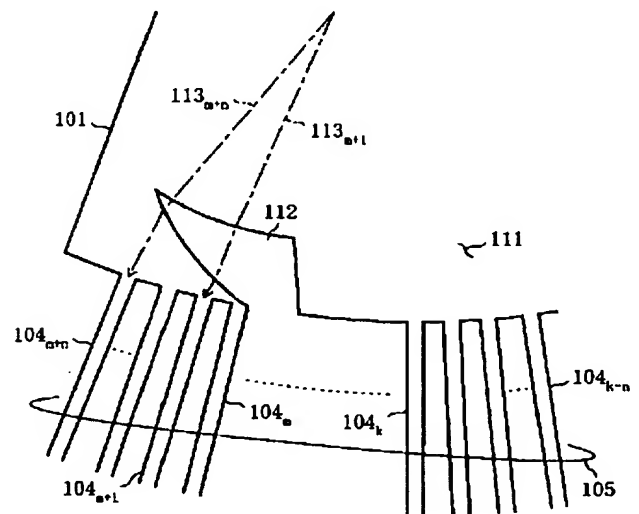
(21) 出願番号	特願2000-348870 (P2000-348870)	(71) 出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22) 出願日	平成12年11月16日 (2000. 11. 16)	(72) 発明者	金子 太郎 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(74) 代理人	100083987 弁理士 山内 梅雄
		Fターム(参考)	2H047 KA03 KA12 LA19 RA08 TA11 5K002 AA01 AA04 BA05 BA07 CA13 DA02 FA01

(54) 【発明の名称】 アレイ導波路格子、導波路素子、分波装置、合波装置および光通信システム

(57) 【要約】

【課題】従来、スラブ導波路とスラブ導波路に接続された複数の出力導波路を含む導波路素子において、各出力導波路の光出力強度が所望の比によって分配されないため、アッテネータなどの外付け部品を取り付けることで各出力導波路の光出力強度を調整する必要があった。そのため、コスト的にもスペース的にも問題となった。

【解決手段】本発明では、前記の導波路素子において、スラブ導波路および各出力導波路の光経路に損失要因を付加することによって、各出力導波路から所望の比の光出力を得ることができる。これにより、損失差を補償する回路部品や高精度の部品取付作業を必要とせずに各導波路から出力される信号レベルを調整することができる導波路素子あるいはアレイ導波路格子ならびにこのような導波路素子あるいはアレイ導波路格子を使用した分波装置、合波装置ならびに光通信システムを実現する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 信号光を入力する1または複数の入力導波路と、

信号光を出力する複数の出力導波路と、

各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続し、出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項2】 信号光を入力する1または複数の入力導波路と、

信号光を出力する複数の出力導波路と、

各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項3】 波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、

信号光を出力する1または複数の出力導波路と、

各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続し、出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項4】 波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、

信号光を出力する1または複数の出力導波路と、

各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項5】 信号光を入力する1または複数の入力導波路と、

信号光を出力する複数の出力導波路と、

各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続するようになっており、その内部に配置された光の伝搬する層としてのコア層が、前記チャネル導波路アレイと前記複数の出力導波路をそれぞれ結ぶ経路の一部または全部において経路の途中で一部切断されており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつ切断された各経路では光の進行方向におけるコア層の切断長がそれぞれの経路を伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されている出力スラブ導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項6】 波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、

信号光を出力する1または複数の出力導波路と、

各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続するようになっており、その内部に配置された光の伝搬する層としてのコア層が、前記チャネル導波路アレイと前記複数の入力導波路をそれぞれ結ぶ経路の一部または全部において経路の途中で一部切断されており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつ切断された各経路では光の進行方向におけるコア層の切断長がそれぞれの経路を伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されている入力スラブ導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項7】 信号光を入力する1または複数の入力導波路と、

光の伝搬する層としてのコア層が途中で一部切断されているものが少なくとも1本含まれており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつこれらのコア層の切断長がそれぞれの出力導波路を伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されている信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項8】 光の伝搬する層としてのコア層が途中で一部切断されているものが少なくとも1本含まれてお

り、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつこれらのコア層の切断長がそれぞれの伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されている波長の互いに異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、

信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、チャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項9】 信号光を入力する1または複数の入力導波路と、

各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの出力側とその入力側を接続する出力スラブ導波路と、

この出力スラブ導波路の出力側と接続された一部または全部の端部における中央位置を、対応する焦点位置から前記出力導波路に伝搬する光に対して損失を与えるべき損失割合に応じて予め定めた値ずつこれらの中心軸から直交する方向にずらした複数の出力導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項10】 各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、

前記チャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、

前記入力スラブ導波路の入力側と接続された一部または全部の端部におけるそれぞれの中央位置を、対応する焦点位置から前記出力導波路に伝搬する光に対して損失を与えるべき損失割合に応じて予め定めた値ずつこれらの中心軸から直交する方向にずらした複数の入力導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項11】 各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、

出力側を入力スラブ導波路の入力側と接続し、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、

入力側を前記チャネル導波路アレイの出力側と接続する出力スラブ導波路と、

この出力スラブ導波路の出力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部と前記チャネル導波路アレイとを結ぶそれぞれの線分に対してこれらを伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれらの導波路端部における全部または一部の中心軸が予め定めた角度ずつ傾斜している複数の出力導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項12】 各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、

前記チャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、

前記入力スラブ導波路の入力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部と前記チャネル導波路アレイとを結ぶ線分に対してこれらを伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれらの導波路端部における全部または一部の中心軸が予め定めた角度ずつ傾斜している複数の入力導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項13】 各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、出力側を入力スラブ導波路の入力側と接続し、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、

入力側を前記チャネル導波路アレイの出力側と接続する出力スラブ導波路と、

この出力スラブ導波路の出力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部の一部または全部についてそれらの導波路幅が、光の損失すべき損失割合に応じた値にそれぞれ設定された出力導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項14】 各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、

前記チャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、

前記入力スラブ導波路の入力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部の一部または全部についてそれらの導波路幅が、光の損失すべき損失割合に応じた値にそれぞれ設定された入力導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項15】 各導波路の長さが所定の導波路長差で

順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、
出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、
出力側を入力スラブ導波路の入力側と接続され、信号光を入力する１または複数の入力導波路と、
入力側を前記チャネル導波路アレイの出力側と接続する出力スラブ導波路と、
この出力スラブ導波路の出力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部と前記チャネル導波路アレイとを結ぶそれぞれの線分の距離を、チャネル導波路アレイからそれぞれの導波路端部へ伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれら導波路端部における光軸方向にずらした出力導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項１６】 各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、
出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、信号光を出力する１または複数の出力導波路と、
前記チャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、
前記入力スラブ導波路の入力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部と前記チャネル導波路アレイとを結ぶそれぞれの線分の距離を、チャネル導波路アレイからそれぞれの導波路端部へ伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれら導波路端部における光軸方向にずらした入力導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項１７】 信号光を入力する１または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、
各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続し、出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、
このアレイ導波路格子の出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備することを特徴とする分波装置。

【請求項１８】 信号光を入力する１または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損

失の違いに応じて出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、
このアレイ導波路格子の出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備することを特徴とする分波装置。

【請求項１９】 複数の光源と、これらの光源からそれぞれ波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する１または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続し、出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、
前記複数の光源からアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、
このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各波長ごとのレベルと比較して前記複数の光源の出力レベルを調整することで前記アレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備することを特徴とする合波装置。

【請求項２０】 複数の光源と、
これらの光源からそれぞれ波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する１または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、
前記複数の光源からアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、
このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各波長ごとのレベルと比較して前記複数の光源の出力レベルを調整することで前記アレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備することを特徴とする合波装置。

【請求項２１】 各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、
この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重するアレイ導波路格子からなるマルチプレクサと、
このマルチプレクサから出力される波長分割多重された

光信号を伝送する光伝送路と、
 この光伝送路の途中に適宜配置されたアレイ導波路格子
 を備えたノードと、
 前記光伝送路を前記ノードを経由して送られてきた光信
 号を入力し各波長の光信号に分離するアレイ導波路格子
 からなるデマルチプレクサと、
 このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信
 号を受信する光受信手段とを備え、
 前記マルチプレクサは、波長の異なる信号光を入力する
 複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の
 出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順
 次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、
 このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を
 接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレ
 イの入力側と前記入力導波路を接続し、出力導波路に対
 応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた
 比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導
 波路格子で構成され、
 前記デマルチプレクサは、信号光を入力する1または複
 数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路
 と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなる
 ように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネ
 ル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入
 力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側
 と前記出力導波路を接続し、出力導波路ごとに前記入力
 導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定
 した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子で
 構成されていることを特徴とする光通信システム。
 【請求項22】 各波長の光信号をパラレルに送出する
 光送信手段と、
 この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多
 重するアレイ導波路格子からなるマルチプレクサと、
 このマルチプレクサから出力される波長分割多重された
 光信号を伝送する光伝送路と、
 この光伝送路の途中に適宜配置されたアレイ導波路格子
 を備えたノードと、
 前記光伝送路を前記ノードを経由して送られてきた光信
 号を入力し各波長の光信号に分離するアレイ導波路格子
 からなるデマルチプレクサと、
 このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信
 号を受信する光受信手段とを備え、
 前記マルチプレクサは、波長の異なる信号光を入力する
 複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の
 出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順
 次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、
 このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を
 接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレ
 イの入力側と前記入力導波路を接続し、その内部におけ
 る経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路に対応
 させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比

率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波
 路格子で構成され、

前記デマルチプレクサは、信号光を入力する1または複
 数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路
 と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなる
 ように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネ
 ル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入
 力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側
 と前記出力導波路を接続し、その内部における経路ごと
 の光の損失の違いに応じて出力導波路ごとに前記入力導
 波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定し
 た出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子で構
 成されていることを特徴とする光通信システム。

【請求項23】 複数のノードを伝送路によって環状に
 接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を
 伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分
 割多重された光信号を各波長の光信号に分離する第1の
 アレイ導波路格子と、各波長の光信号に分離された光信
 号を波長分割多重する第2のアレイ導波路格子を備えて
 おり、

前記第1のアレイ導波路格子は、信号光を入力する1ま
 たは複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力
 導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長
 くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、この
 チャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続
 する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの
 出力側と前記出力導波路を接続し、出力導波路ごとに前
 記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率
 に設定した出力スラブ導波路とを具備する素子であり、
 前記第2のアレイ導波路格子は、波長の異なる信号光を
 入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1また
 は複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路
 長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路ア
 レイと、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力
 導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導
 波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続し、出力導
 波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予
 め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備する
 素子であることを特徴とする光通信システム。

【請求項24】 複数のノードを伝送路によって環状に
 接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を
 伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分
 割多重された光信号を各波長の光信号に分離する第1の
 アレイ導波路格子と、各波長の光信号に分離された光信
 号を波長分割多重する第2のアレイ導波路格子を備えて
 おり、

前記第1のアレイ導波路格子は、信号光を入力する1ま
 たは複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力
 導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長
 くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、この

チャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備する素子であり、前記第2のアレイ導波路格子は、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備する素子であることを特徴とする光通信システム。

【請求項25】 各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、

この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重する合波装置と、

この合波装置から出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、

この光伝送路の途中に適宜配置されたノードと、

前記光伝送路を前記ノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離する分波装置と、

この分波装置によって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備え、

前記合波装置は、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続し、出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各波長ごとのレベルと比較してそれぞれの光の出力レベルを調整することで前記アレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備して構成され、

前記分波装置は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出

力導波路を接続し、出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子の出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備して構成されていることを特徴とする光通信システム。

【請求項26】 各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、

この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重する合波装置と、

この合波装置から出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、

この光伝送路の途中に適宜配置されたノードと、

前記光伝送路を前記ノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離する分波装置と、

この分波装置によって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備え、

前記合波装置は、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各波長ごとのレベルと比較してそれぞれの光の出力レベルを調整することで前記アレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備して構成され、

前記分波装置は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子の出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備して構成されていることを特徴とする光通信システム。

【請求項27】 複数のノードを伝送路によって環状に

接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する分波装置と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する合波装置を備えており、

前記分波装置は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続し、出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子の出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備して構成されており、

前記合波装置は、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続し、出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各波長ごとのレベルと比較してそれぞれの光の出力レベルを調整することで前記アレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備して構成されていることを特徴とする光通信システム。

【請求項28】 複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する分波装置と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する合波装置を備えており、

前記分波装置は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力ス

ラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子の出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備して構成されており、

前記合波装置は、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と前記出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各波長ごとのレベルと比較してそれぞれの光の出力レベルを調整することで前記アレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備して構成されていることを特徴とする光通信システム。

【請求項29】 信号光を入力する1または複数の入力導波路と、

信号光を出力する複数の出力導波路と、

これら出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項30】 信号光を入力する複数の入力導波路と、

信号光を出力する1または複数の出力導波路と、

前記入力導波路ごとに前記出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項31】 信号光を入力する1または複数の入力導波路と、

信号光を出力する複数の出力導波路と、

これら入力導波路と出力導波路を接続し、入力導波路から入力される光が前記複数の出力導波路のそれぞれに至る光の伝搬する層としてのコア層が、前記入力導波路と前記複数の出力導波路をそれぞれ結ぶ経路の一部または全部において経路の途中で一部切断されており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつ切断された各経路では光の進行方向におけるコア層の切断長がそれぞれの経路を伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されているスラブ導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項32】 信号光を入力する複数の入力導波路と、

信号光を出力する 1 または複数の出力導波路と、
これら入力導波路と出力導波路を接続し、前記複数の入力導波路から入力される光が出力導波路に至る光の伝搬する層としてのコア層が、前記複数の入力導波路と出力導波路をそれぞれ結ぶ経路の一部または全部において経路の途中で一部切断されており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつ切断された各経路では光の進行方向におけるコア層の切断長がそれぞれの経路を伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されているスラブ導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項 33】 信号光を入力する 1 または複数の入力導波路と、

入力導波路に入力側を接続したスラブ導波路と、
このスラブ導波路の出力側に接続された複数の導波路からなり、これらの導波路の一部または全部で光の伝搬する層としてのコア層が途中で一部切断されており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつこれらのコア層の切断長がそれぞれの導波路を伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されている出力導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項 34】 信号光を入力する複数の導波路からなり、これらの導波路の一部または全部で光の伝搬する層としてのコア層が途中で切断されており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつこれらのコア層の切断長がそれぞれの伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されている入力導波路と、

信号光を出力する 1 または複数の出力導波路と、
前記入力導波路および出力導波路を接続するスラブ導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項 35】 信号光を入力する 1 または複数の入力導波路と、

この入力導波路の出力側とその入力側を接続したスラブ導波路と、
このスラブ導波路の出力側に接続された複数の導波路からなり、これらの一部または全部の端部における中央位置を、対応する焦点位置から前記導波路に伝搬する光に対して損失を与えるべき損失割合に応じて予め定めた値ずつこれらの中心軸から直交する方向にずらした出力導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項 36】 スラブ導波路と、

このスラブ導波路の出力側と接続された出力導波路と、
前記スラブ導波路の入力側と接続された一部または全部の端部におけるそれぞれの中央位置を、対応する焦点位置から前記出力導波路に伝搬する光に対して損失を与えるべき損失割合に応じて予め定めた値ずつこれらの中心軸から直交する方向にずらした複数の入力導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項 37】 信号光を入力する 1 または複数の入力導波路と、

入力導波路の出力側を入力側に接続したスラブ導波路と、

このスラブ導波路の出力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部と前記入力導波路とを結ぶそれぞれの線分に対してこれらを伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれらの導波路端部における全部または一部の中心軸が予め定めた角度ずつ傾斜している複数の出力導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項 38】 信号光を出力する 1 または複数の出力導波路と、

この出力導波路の入力側と出力側を接続するスラブ導波路と、

このスラブ導波路の入力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部と前記出力導波路とを結ぶ線分に対してこれらを伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれらの導波路端部における全部または一部の中心軸が予め定めた角度ずつ傾斜している複数の入力導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項 39】 信号光を入力する 1 または複数の入力導波路と、

入力側をこの入力導波路の出力側と接続するスラブ導波路と、

このスラブ導波路の出力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部の一部または全部についてこれらの導波路幅が、光の損失すべき損失割合に応じた値にそれぞれ設定された出力導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項 40】 信号光を出力する 1 または複数の出力導波路と、

出力側をこの出力導波路の入力側と接続するスラブ導波路と、

このスラブ導波路の入力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部の一部または全部についてこれらの導波路幅が、光の損失すべき損失割合に応じた値にそれぞれ設定された入力導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項 41】 信号光を入力する 1 または複数の入力導波路と、

入力側をこの入力導波路の出力側と接続するスラブ導波路と、

このスラブ導波路の出力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部と前記入力導波路とを結ぶそれぞれの線分の距離を、入力導波路からそれぞれの導波路端部へ伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれらの導波路端部における光軸方向にずらした出力導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項 42】 信号光を出力する 1 または複数の出力

導波路と、

この出力導波路の入力側と出力側を接続したスラブ導波路と、このスラブ導波路の入力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部と前記出力導波路とを結ぶそれぞれの線分の距離を、出力導波路からそれぞれの導波路端部へ伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれら導波路端部における光軸方向にずらした入力導波路とを具備することを特徴とする導波路素子。

【請求項43】 信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、これら出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子と、

この導波路素子の出力導波路から出力されるそれぞれの信号光を入力してこれら信号光ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備することを特徴とする分波装置。

【請求項44】 信号ごとに用意された複数の光源と、信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、前記入力導波路ごとに前記出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子と、前記複数の光源から導波路素子にそれぞれ入力する信号光のレベルを検出するレベル検出手段と、

このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各信号光ごとのレベルと比較して前記複数の信号光の出力レベルを調整することで前記導波路素子によって合波された後の各信号光ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備することを特徴とする合波装置。

【請求項45】 各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、

この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重する導波路素子からなるマルチプレクサと、

このマルチプレクサから出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、

この光伝送路の途中に適宜配置された導波路素子を備えたノードと、

前記光伝送路を前記ノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離する導波路素子からなるデマルチプレクサと、

このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備え、

前記マルチプレクサは、信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、前記入力導波路ごとに前記出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子で構成され、

前記デマルチプレクサは、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路

と、これら出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子で構成されていることを特徴とする光通信システム。

【請求項46】 複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を送送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する第1の導波路素子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する第2の導波路素子を備えており、

前記第1の導波路素子は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、これら出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する素子であり、

前記第2の導波路素子は、信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、前記入力導波路ごとに前記出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する素子であることを特徴とする光通信システム。

【請求項47】 各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、

この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重する合波装置と、

この合波装置から出力される波長分割多重された光信号を送送する光伝送路と、

この光伝送路の途中に適宜配置されたノードと、前記光伝送路を前記ノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離する分波装置と、

この分波装置によって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備え、

前記合波装置は、信号ごとに用意された複数の光源と、信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、前記入力導波路ごとに前記出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子と、前記複数の光源から導波路素子にそれぞれ入力する信号光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各信号光ごとのレベルと比較して前記複数の信号光の出力レベルを調整することで前記導波路素子によって合波された後の各信号光ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備して構成され、

前記分波装置は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、これら出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子と、この導波路素子の出力導波路から出力されるそれぞれの信号光を入力してこれら信号光ごと

の出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備して構成されていることを特徴とする光通信システム。

【請求項48】 複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を送送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する分波装置と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する合波装置を備えており、

前記分波装置は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、これら出力導波路ごとに前記入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子と、この導波路素子の出力導波路から出力されるそれぞれの信号光を入力してこれら信号光ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備して構成されており、

前記合波装置は、信号ごとに用意された複数の光源と、信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、前記入力導波路ごとに前記出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子と、前記複数の光源から導波路素子にそれぞれ入力する信号光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各信号光ごとのレベルと比較して前記複数の信号光の出力レベルを調整することで前記導波路素子によって合波された後の各信号光ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備して構成されていることを特徴とする光通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はスラブ導波路を備えたアレイ導波路格子あるいは導波路素子、このアレイ導波路格子あるいは導波路素子を使用した分波装置および合波装置ならびにアレイ導波路格子、導波路素子あるいは分波装置または合波装置を使用した光通信システムに係わり、特に光の入出力特性を所望のものに設定できるようにしたアレイ導波路格子、導波路素子、分波装置、合波装置および光通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】伝送するデータの大容量化と共に、光ファイバ光通信システムで更なる伝送容量の拡大が望まれている。このために、たとえば高密度波長分割多重通信方式(Dense Wavelength Division Multiplexing: DWDM)を使用した際の、それぞれの波長を分割したり統合するための合分波デバイスとして、光波長フィルタの重要性がますます高まっている。

【0003】光波長フィルタはさまざまな形態のものがある。中でもアレイ導波路格子(AWG: arrayed wave

guide grating)は、波長特性が狭帯域で高消光比であり、また多入力多出力のフィルタデバイスとしての特徴も持っている。このため、多重化された信号の分離やその逆の動作を行わせることが可能であり、容易に波長合分波デバイスを構成することができるという利点がある。

【0004】図24は、従来のアレイ導波路格子の全体的な構成を表わしたものである。アレイ導波路格子11は、基板12上に形成された1本または複数の入力導波路13と、複数の出力導波路14と、異なった曲率でそれぞれ一定方向に曲がったチャネル導波路アレイ15と、入力導波路13とチャネル導波路アレイ15を接続する入力スラブ導波路16と、チャネル導波路アレイ15と出力導波路14を接続する出力スラブ導波路17とによって構成されている。入力導波路13から入射した多重信号光は、入力スラブ導波路16によってその進路を広げる。そしてチャネル導波路アレイ15にそれぞれ等位相で入射する。

【0005】チャネル導波路アレイ15では、これを構成する各アレイ導波路の間に一定の光路長差が設けられていて、光路長が順次長く、あるいは短くなるように設定されている。したがって、それぞれのアレイ導波路を導波する光には一定間隔ずつの位相差が付けられて出力スラブ導波路17に到達するようになっている。実際には波長分散があるので、波長によってその等位相面が傾く。この結果、波長によって出力スラブ導波路17と出力導波路14の界面上の異なった位置に光が結像(集光)する。波長に対応したそれぞれの位置に出力導波路14が配置されているので、出力導波路14からは任意の波長成分を取り出すことが可能になる。

【0006】スラブ導波路については、たとえば特開平7-63934号公報に開示がある。また、光の一般的な合波あるいは分波を行う技術としては、たとえば特開平7-49430号公報に開示がある。

【0007】ところで従来の図24に示したようなアレイ導波路格子では、出力スラブ導波路17に着目してみると、チャネル導波路アレイ15からスラブ導波路内に送出された光が出力側に配置された複数の出力導波路に到達する。このとき出力導波路の中央部ほど光の強度が強く、周辺部の出力導波路に向かうほど光の強度が弱まる。

【0008】そこで従来から、光レベルの均一化を図り、受信光レベルを均一化するための提案が行われている。たとえば受光後の各信号のレベルを調整するために、損失差補償用の抵抗器をそれぞれの出力側伝送路に個別に用意してアッテネータを構成するといった試みがそれである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながらこのような手法を採用すると、チャネル間で受信信号の信号レベ

ル数の増加に連れて異なった抵抗値の抵抗器を数多く揃える必要がある。しかも、抵抗器は温度によって抵抗値が変動する。したがって、抵抗器の温度調整回路を使用することが不可欠となっている。このため、従来の損失差補償用の抵抗器が付加されたアレイ導波路格子はコスト的にもスペース的にも実用的ではないという問題があった。

【0010】特に、高次回折光を使用してモニタ信号を取り出すようにしたアレイ導波路格子では、モニタ信号用の導波路がチャネル導波路アレイから出射される光の光軸から離れた位置に配置される関係で受光レベルに大きな差が生じることが多い。このため、受光前あるいは受光後に損失を補償するような装置構造が不可欠とされていた。

【0011】なお、特開2000-98177号公報では、複数のポートを備えた光導波路と光ファイバ配列体を備えた装置で、これらポートと光ファイバ配列体を構成するそれぞれの光ファイバの光軸のずれを設定して、光導波路のポート間の伝送損失を所望の値に設定している。この手法では前記した外付けのアッテネータが不要であるが、光軸の微妙な調整が必要となり、歩留まりやコストの面で問題があった。

【0012】以上、アレイ導波路格子について説明したが、アレイ導波路格子を使用して光を分波する分波装置および合波する合波装置ならびにアレイ導波路格子あるいは分波装置または合波装置を使用した光通信システムについても同様に装置が複雑化したり大型化したり、コストダウンを図りにくいといった問題があった。

【0013】そこで本発明の目的は、損失差を補償する回路部品や高精度の部品取付作業を必要とせず各導波路から出力される信号レベルを調整することができるアレイ導波路格子ならびにこのようなアレイ導波路格子を使用した分波装置、合波装置ならびに光通信システムを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明では、(イ)信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ロ)信号光を出力する複数の出力導波路と、

(ハ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続し、出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0015】すなわち請求項1記載の発明では、光を分波する場合を扱っており、出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定するようにしている。これにより、損失差を補償する外付けの

回路部品が不要になる。

【0016】請求項2記載の発明では、(イ)信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ロ)信号光を出力する複数の出力導波路と、(ハ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0017】すなわち請求項2記載の発明では、光を分波する場合を扱っており、スラブ導波路の境界部分で光の損失の違いを生じさせ、これによって出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定するようにしている。これにより、損失差を補償する外付けの回路部品が不要になる。

【0018】請求項3記載の発明では、(イ)波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、(ロ)信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ハ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続し、出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0019】すなわち請求項3記載の発明では、請求項1記載の発明と逆に光を合波する場合を扱っており、出力導波路に対する入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定するようにしている。これにより、損失差を補償する外付けの回路部品が不要になる。

【0020】請求項4記載の発明では、(イ)波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、(ロ)信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ハ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0021】すなわち請求項4記載の発明では、請求項2記載の発明と逆に光を合波する場合を扱っており、複数の入力導波路とスラブ導波路のそれぞれの境界部分で光の損失の違いを生じさせ、これによって出力導波路に対する入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定するようにしている。これにより、損失差を補

似する外付けの回路部品が不要になる。

【0022】請求項5記載の発明では、(イ)信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ロ)信号光を出力する複数の出力導波路と、(ハ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続するようになっており、その内部に配置された光の伝搬する層としてのコア層が、チャネル導波路アレイと前記した複数の出力導波路をそれぞれ結ぶ経路の一部または全部において経路の途中で一部切断されており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつ切断された各経路では光の進行方向におけるコア層の切断長がそれぞれの経路を伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されている出力スラブ導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0023】すなわち請求項5記載の発明では、スラブ導波路を構成するコア層を必要に応じて一部切断し、その切断された間隔の長短で分波を行う際の各出力導波路に対する光の損失割合を調整するようにしている。

【0024】請求項6記載の発明では、(イ)波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、(ロ)信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ハ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続するようになっており、その内部に配置された光の伝搬する層としてのコア層が、チャネル導波路アレイと前記した複数の入力導波路をそれぞれ結ぶ経路の一部または全部において経路の途中で一部切断されており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつ切断された各経路では光の進行方向におけるコア層の切断長がそれぞれの経路を伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されている入力スラブ導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0025】すなわち請求項6記載の発明では、スラブ導波路を構成するコア層を必要に応じて一部切断し、その切断された間隔の長短で出力導波路に合波する光の損失割合を調整するようにしている。

【0026】請求項7記載の発明では、(イ)信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ロ)光の伝搬する層としてのコア層が途中で一部切断されているものが少なくとも1本含まれており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつこれらのコア層の切断長がそれぞれの出力導波路を伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定され

ている信号光を出力する複数の出力導波路と、(ハ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0027】すなわち請求項7記載の発明では、請求項5記載の発明がスラブ導波路内のコア層を必要に応じて一部切断したのに対して、スラブ導波路から出力される光を伝搬する複数の出力導波路の一部または全部についてのコア層を途中で一部切断し、その切断された間隔の長短で出力導波路ごとの光の損失割合を調整するようにしている。

【0028】請求項8記載の発明では、(イ)光の伝搬する層としてのコア層が途中で一部切断されているものが少なくとも1本含まれており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつこれらのコア層の切断長がそれぞれの伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されている波長の互いに異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、

(ロ)信号光を出力する1または複数の出力導波路と、

(ハ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ホ)チャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0029】すなわち請求項8記載の発明では、請求項6記載の発明がスラブ導波路内のコア層を必要に応じて一部切断したのに対して、スラブ導波路に光を送出する複数の入力導波路の一部または全部についてのコア層を途中で一部切断し、その切断された間隔の長短で入力導波路ごとの光の損失割合を調整するようにしている。

【0030】請求項9記載の発明では、(イ)信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ロ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ハ)このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ニ)このチャネル導波路アレイの出力側とその入力側を接続する出力スラブ導波路と、(ホ)この出力スラブ導波路の出力側と接続された一部または全部の端部における中央位置を、対応する焦点位置から出力導波路に伝搬する光に対して損失を与えるべき損失割合に応じて予め定めた値ずつこれらの中心軸から直交する方向にずらした複数の出力導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0031】すなわち通常の場合にはスラブ導波路の出力側の境界近傍に位置する複数の焦点位置のそれぞれを出力導波路の中心軸と一致させて結合効率を高めるのに

対して、請求項9記載の発明では出力導波路に伝搬する光に対して損失を与えるべき損失割合に応じて、スラブ導波路側に面した出力導波路端部の中央位置を、焦点位置から予め定めた値ずつそれぞれの出力導波路の中心軸から直交する方向にずらすことにし、出力導波路に伝搬する光についての損失を調整することになっている。

【0032】請求項10記載の発明では、(イ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ロ)出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、(ハ)信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ニ)チャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、(ホ)入力スラブ導波路の入力側と接続された一部または全部の端部におけるそれぞれの中央位置を、対応する焦点位置から出力導波路に伝搬する光に対して損失を与えるべき損失割合に応じて予め定めた値ずつこれらの中心軸から直交する方向にずらした複数の入力導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0033】すなわち通常の場合には、合波された信号を取り出す出力導波路において、この出力導波路の中心軸とこの出力導波路に入射する合波光の光軸とを一致させて結合効率を高めるのに対して、請求項10記載の発明では出力導波路に伝搬する光に対して損失を与えるべき損失割合に応じて、出力導波路に入射する光の光軸をずらすために、入力導波路の中心軸と直交方向におけるずれを設定することにし、このずれの割合によって、出力導波路に伝搬する光の損失を調整することになっている。

【0034】請求項11記載の発明では、(イ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ロ)出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、(ハ)出力側を入力スラブ導波路の入力側と接続し、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ニ)入力側をチャネル導波路アレイの出力側と接続する出力スラブ導波路と、(ホ)この出力スラブ導波路の出力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部とチャネル導波路アレイとを結ぶそれぞれの線分に対してこれらを伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれらの導波路端部における全部または一部の中心軸が予め定めた角度ずつ傾斜している複数の出力導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0035】すなわち請求項11記載の発明では、分波された信号を取り出す出力導波路において、これら出力導波路それぞれの中心軸とこれら出力導波路に入射するそれぞれの分波光の光軸がなす角度を光の損失すべき損失割合に応じて設定することで、出力導波路に伝搬する光の損失を調整することになっている。

【0036】請求項12記載の発明では、(イ)各導波

路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ロ)出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、(ハ)信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ニ)チャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、(ホ)入力スラブ導波路の入力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部とチャネル導波路アレイとを結ぶ線分に対してこれらを伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれらの導波路端部における全部または一部の中心軸が予め定めた角度ずつ傾斜している複数の入力導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0037】すなわち請求項12記載の発明では、入力導波路において、これら入力導波路とチャネル導波路アレイとを結ぶそれぞれの線分と、これら入力導波路のそれぞれの中心軸とがなす角度を光の損失すべき損失割合に応じて設定することで、入力導波路から送出される各入力導波路ごとの光の損失を調整することになっている。

【0038】請求項13記載の発明では、(イ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ロ)出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、(ハ)出力側を入力スラブ導波路の入力側と接続し、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ニ)入力側をチャネル導波路アレイの出力側と接続する出力スラブ導波路と、(ホ)この出力スラブ導波路の出力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部の一部または全部についてそれらの導波路幅が、光の損失すべき損失割合に応じた値にそれぞれ設定された出力導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0039】すなわち請求項13記載の発明では、出力導波路の一部または全部について、それらが出力スラブ導波路と接続される部分の導波路幅の光軸と直交する方向の幅を、光の損失すべき損失割合に応じた値に設定することで、それぞれの出力導波路に伝搬する光の損失を調整することになっている。

【0040】請求項14記載の発明では、(イ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ロ)出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、(ハ)信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ニ)チャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、(ホ)入力スラブ導波路の入力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部の一部または全部についてそれらの導波路幅が、光の損失すべき損失割合に応じた値にそれぞれ設定された入力導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0041】すなわち請求項14記載の発明では、入力導波路の一部または全部について、それらが入力スラブ

導波路と接続される部分の導波路幅の光軸と直交する方向の幅を、光の損失すべき損失割合に応じた値に設定することで、それぞれの入力導波路に伝搬する光の損失を調整することになっている。

【0042】請求項15記載の発明では、(イ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ロ)出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、(ハ)出力側を入力スラブ導波路の入力側と接続し、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、

(ニ)入力側をチャネル導波路アレイの出力側と接続する出力スラブ導波路と、(ホ)この出力スラブ導波路の出力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部とチャネル導波路アレイとを結ぶそれぞれの線分の距離を、チャネル導波路アレイからそれぞれの導波路端部へ伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれら導波路端部における光軸方向にずらした出力導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0043】すなわち通常の場合にはスラブ導波路の出力側の境界近傍に位置する複数の焦点位置と出力導波路の端部とを一致させて焦点の合った状態で出力導波路への結合効率を高めるのに対して、請求項15記載の発明の場合には、一部または全部の出力導波路について、出力導波路の端部と焦点位置との距離を出力導波路に伝搬する光の損失すべき損失割合に応じて光軸方向にずらして、それぞれの出力導波路に伝搬する光の損失を調整することになっている。

【0044】請求項16記載の発明では、(イ)各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ロ)出力側にこのチャネル導波路アレイの入力側を接続した入力スラブ導波路と、(ハ)信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ニ)チャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、(ホ)入力スラブ導波路の入力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部とチャネル導波路アレイとを結ぶそれぞれの線分の距離を、チャネル導波路アレイからそれぞれの導波路端部へ伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれら導波路端部における光軸方向にずらした入力導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0045】すなわち通常の場合には出力スラブ導波路の境界近傍に位置する焦点位置と出力導波路の端部を一致させて入力導波路からチャネル導波路アレイを伝搬して、出力スラブ導波路へ入力される光の結合効率を高めるのに対して、請求項16記載の発明の場合には、一部または全部の入力導波路について、入力導波路を通常的位置から光の損失すべき損失割合に応じて光軸方向にずらして、光の損失を調整することになっている。

【0046】請求項17記載の発明では、(イ)信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力

する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続し、出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、(ロ)このアレイ導波路格子の出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを分波装置に具備させる。

【0047】すなわち請求項17記載の発明では、アレイ導波路格子自体が、出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定していると共に、レベル調整手段が出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するようにしている。これにより、フラットな入出力特性だけでなく、自由に特性を調整することができる。

【0048】請求項18記載の発明では、(イ)信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、(ロ)このアレイ導波路格子の出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを分波装置に具備させる。

【0049】すなわち請求項18記載の発明では、アレイ導波路格子自体がそのスラブ導波路の境界部分における光の損失の違いによって、出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定していると共に、レベル調整手段が出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するようにしている。これにより、フラットな入出力特性だけでなく、自由に特性を調整することができる。

【0050】請求項19記載の発明では、(イ)複数の光源と、(ロ)これらの光源からそれぞれ波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続し、出力導

波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、(ハ)前記した複数の光源からアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、(ニ)このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各波長ごとのレベルと比較して前記した複数の光源の出力レベルを調整することでアレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを合波装置に具備させる。

【0051】すなわち請求項19記載の発明では、アレイ導波路格子自体が、入力導波路ごとに出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定していると共に、複数の光源からアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルをレベル検出手段で検出し、これによって複数の光源の出力レベルを調整することでアレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するようにしている。これにより、出力導波路側でフラットな出力特性だけでなく自由に特性を調整することができる。

【0052】請求項20記載の発明では、(イ)複数の光源と、(ロ)これらの光源からそれぞれ波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、(ハ)前記した複数の光源からアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、(ニ)このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各波長ごとのレベルと比較して前記した複数の光源の出力レベルを調整することでアレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを合波装置に具備させる。

【0053】すなわち請求項20記載の発明では、アレイ導波路格子自体がそのスラブ導波路の境界部分における光の損失の違いによって、入力導波路ごとに出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定していると共に、複数の光源からアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルをレベル検出手段で検出し、これによって複数の光源の出力レベルを調整することでアレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するようにしている。これにより、出力導波路側でフラットな出力特性だけでなく自由に特性を調整することができる。

【0054】請求項21記載の発明の光通信システムでは、(イ)各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、(ロ)この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重するアレイ導波路格子からなるマルチプレクサと、(ハ)このマルチプレクサから出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、

(ニ)この光伝送路の途中に適宜配置されたアレイ導波路格子を備えたノードと、(ホ)光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離するアレイ導波路格子からなるデマルチプレクサと、

(ハ)このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備え、(ト)マルチプレクサは、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続し、出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子で構成され、(チ)デマルチプレクサは、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続し、出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子で構成されていることを特徴としている。

【0055】すなわち請求項21記載の発明では、光送信手段と、この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重するアレイ導波路格子からなるマルチプレクサと、このマルチプレクサから出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、この光伝送路の途中に適宜配置されたアレイ導波路格子を備えたノードと、光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離するアレイ導波路格子からなるデマルチプレクサと、このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備えたライン状の光通信システムで、これを構成するマルチプレクサは請求項3記載のアレイ導波路格子で構成することでスラブ導波路の出力側に接続された出力導波路に対する入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定し、デマルチプレクサは請求項1記載のアレイ導波路格子で構成することで出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定することにしている。

【0056】請求項22記載の発明の光通信システムで

は、(イ)各波長の光信号をバラレルに送出する光送信手段と、(ロ)この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重するアレイ導波路格子からなるマルチプレクサと、(ハ)このマルチプレクサから出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、

(ニ)この光伝送路の途中に適宜配置されたアレイ導波路格子を備えたノードと、(ホ)光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離するアレイ導波路格子からなるデマルチプレクサと、

(ヘ)このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備え、(ト)マルチプレクサは、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子で構成され、

(チ)デマルチプレクサは、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子で構成されていることを特徴としている。

【0057】すなわち請求項2記載の発明では、光送信手段と、この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重するアレイ導波路格子からなるマルチプレクサと、このマルチプレクサから出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、この光伝送路の途中に適宜配置されたアレイ導波路格子を備えたノードと、光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離するアレイ導波路格子からなるデマルチプレクサと、このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備えたライン状の光通信システムで、これを構成するマルチプレクサは請求項4記載のアレイ導波路格子で構成することでスラブ導波路の出力側に接続された出力導波路に対する入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定し、デマルチプレクサは請求項2記載のアレイ導波路格子で構成することで出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定することになっている。

【0058】請求項23記載の発明の光通信システムでは、(イ)複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する第1のアレイ導波路格子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する第2のアレイ導波路格子を備えており、(ロ)第1のアレイ導波路格子は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続し、出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備する素子であり、

(ハ)第2のアレイ導波路格子は、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続し、出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備する素子であることを特徴としている。

【0059】すなわち請求項23記載の発明では、複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する第1のアレイ導波路格子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する第2のアレイ導波路格子を備えた環状の光通信システムで、第1のアレイ導波路格子は請求項3記載のアレイ導波路格子で構成することでスラブ導波路の出力側に接続された出力導波路に対する入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定し、第2のアレイ導波路格子は請求項1記載のアレイ導波路格子で構成することで出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定することになっている。

【0060】請求項24記載の発明の光通信システムでは、(イ)複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する第1のアレイ導波路格子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する第2のアレイ導波路格子を備えており、(ロ)第1のアレイ導波路格子は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で

順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備する素子であり、(ハ)第2のアレイ導波路格子は、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備する素子であることを特徴としている。

【0061】すなわち請求項24記載の発明では、複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する第1のアレイ導波路格子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する第2のアレイ導波路格子を備えた環状の光通信システムで、第1のアレイ導波路格子は請求項4記載のアレイ導波路格子で構成することでスラブ導波路の出力側に接続された出力導波路に対する入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定し、第2のアレイ導波路格子は請求項2記載のアレイ導波路格子で構成することで出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定することになっている。

【0062】請求項25記載の発明の光通信システムでは、(イ)各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、(ロ)この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重する合波装置と、(ハ)この合波装置から出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、(ニ)この光伝送路の途中に適宜配置されたノードと、(ホ)光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離する分波装置と、(ヘ)この分波装置によって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備え、(ト)合波装置は、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続し、出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ

導波路とを具備するアレイ導波路格子と、(チ)このアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各波長ごとのレベルと比較してそれぞれの光の出力レベルを調整することでアレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備して構成され、(リ)分波装置は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続し、出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子の出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備して構成されていることを特徴としている。

【0063】すなわち請求項25記載の発明では、光送信手段と、この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重する合波装置と、この合波装置から出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、この光伝送路の途中に適宜配置されたノードと、光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離する分波装置と、この分波装置によって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備えたライン状の光通信システムで、これを構成する合波装置は請求項19に記載した装置を使用し、分波装置は請求項17に記載した装置を使用することでそれぞれ光の入出力特性を予め定めた比率に設定することになっている。

【0064】請求項26記載の発明の光通信システムでは、(イ)各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、(ロ)この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重する合波装置と、(ハ)この合波装置から出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、(ニ)この光伝送路の途中に適宜配置されたノードと、(ホ)光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離する分波装置と、(ヘ)この分波装置によって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備え、(ト)合波装置は、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違

いに応じて出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、(チ)この光源からアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各波長ごとのレベルと比較してそれぞれの光の出力レベルを調整することでアレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備して構成され、(リ)分波装置は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子の出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備して構成されていることを特徴としている。

【0065】すなわち請求項26記載の発明では、光送信手段と、この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重する合波装置と、この合波装置から出力される波長分割多重された光信号を送信する光伝送路と、この光伝送路の途中に適宜配置されたノードと、光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離する分波装置と、この分波装置によって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備えたライン状の光通信システムで、これを構成する合波装置は請求項20に記載した装置を使用し、分波装置は請求項18に記載した装置を使用することでそれぞれ光の入出力特性を予め定めた比率に設定することになっている。

【0066】請求項27記載の発明の光通信システムでは、(イ)複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を送信する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する分波装置と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する合波装置を備えており、(ロ)分波装置は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続し、出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比

率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子の出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備して構成されており、(ハ)合波装置は、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続し、出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各波長ごとのレベルと比較してそれぞれの光の出力レベルを調整することでアレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備して構成されていることを特徴としている。

【0067】すなわち請求項27記載の発明では、複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を送信する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する分波装置と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する合波装置を備えた環状の光通信システムで、これを構成する分波装置は請求項17に記載した装置を使用し、合波装置は請求項19に記載した装置を使用することでそれぞれ光の入出力特性を予め定めた比率に設定することになっている。

【0068】請求項28記載の発明の光通信システムでは、(イ)複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を送信する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する分波装置と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する合波装置を備えており、(ロ)分波装置は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定した出力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子の出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手

段とを具備して構成されており、(ハ)合波装置は、波長の異なる信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、このチャネル導波路アレイの出力側と出力導波路を接続する出力スラブ導波路と、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続し、その内部における経路ごとの光の損失の違いに応じて出力導波路に対応させて入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定した入力スラブ導波路とを具備するアレイ導波路格子と、このアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各波長ごとのレベルと比較してそれぞれの光の出力レベルを調整することでアレイ導波路格子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備して構成されていることを特徴としている。

【0069】すなわち請求項28記載の発明では、複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する分波装置と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する合波装置を備えた環状の光通信システムで、これを構成する分波装置は請求項18に記載した装置を使用し、合波装置は請求項20に記載した装置を使用することでそれぞれ光の入出力特性を予め定めた比率に設定することになっている。

【0070】請求項29記載の発明では、(イ)信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ロ)信号光を出力する複数の出力導波路と、(ハ)これら出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを導波路素子に具備させる。

【0071】すなわち請求項29記載の発明では、光を分波する場合を扱っており、出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定するようにしている。これにより、損失差を補償する外付けの回路部品が不要になる。

【0072】なお、請求項29以降の発明では、請求項28記載の発明以前の発明と異なり、導波路素子にチャネル導波路アレイや入力スラブ導波路あるいは出力スラブ導波路といった構成部品を必須の部品として登場させていない。請求項28記載の発明以前の発明では入力導波路は入力スラブ導波路の入力側に配置されたもので、出力導波路は出力導波路の出力側に配置されたものとなっているが、請求項29以降の発明では1つのスラブ導波路の入力側に存在するものを入力導波路と表現し、出力側に存在するものを出力導波路と表現している。すなわち、請求項29以降の発明で表現するスラブ導波路

は、あるときはアレイ導波路格子の入力スラブ導波路であり、またあるときはアレイ導波路格子の出力スラブ導波路とみることができる。更に他の場合、例えば一段あるいは多段のスターカプラでは、この導波路素子を1つあるいは2つ以上を組み合わせた構成を考えることも可能である。もちろん、この導波路素子は、アレイ導波路格子やスターカプラ以外の用途に利用することも可能である。

【0073】仮に、請求項29以降の発明で表現するスラブ導波路が出力導波路に対応するときには、その入力導波路は請求項28記載の発明以前の発明における入力導波路と一致するが、出力導波路は出力側の導波路なので、チャネル導波路アレイの個々のアレイに対応する場合がある。同様に、請求項29以降の発明で表現するスラブ導波路が出力導波路に対応するときには、その出力導波路は請求項28記載の発明以前の発明における出力導波路と一致するが、入力導波路は入力側の導波路なので、チャネル導波路アレイの個々のアレイに対応する場合がある。

【0074】請求項30記載の発明では、(イ)信号光を入力する複数の入力導波路と、(ロ)信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ハ)入力導波路ごとに出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを導波路素子に具備させる。

【0075】すなわち請求項30記載の発明では、請求項29記載の発明と逆に光を合波する場合を扱っており、出力導波路に対する入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定ようにしている。これにより、損失差を補償する外付けの回路部品が不要になる。

【0076】請求項31記載の発明では、(イ)信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ロ)信号光を出力する複数の出力導波路と、(ハ)これら入力導波路と出力導波路を接続し、入力導波路から入力される光が前記した複数の出力導波路のそれぞれに至る光の伝搬する層としてのコア層が、前記入力導波路と前記複数の出力導波路をそれぞれ結ぶ経路の一部または全部において経路の途中で一部切断されており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつ切断された各経路では光の進行方向におけるコア層の切断長がそれぞれの経路を伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されているスラブ導波路とを導波路素子に具備させる。

【0077】すなわち請求項31記載の発明では、スラブ導波路を構成するコア層を必要に応じて一部切断し、その切断された間隔の長短で分波を行う際の各出力導波路に対する光の損失割合を調整するようにしている。

【0078】請求項32記載の発明では、(イ)信号光を入力する複数の入力導波路と、(ロ)信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ハ)これら入力導波

路と出力導波路を接続し、前記した複数の入力導波路から入力される光が出力導波路に至る光の伝搬する層としてのコア層が、前記した複数の入力導波路と出力導波路をそれぞれ結ぶ経路の一部または全部において経路の途中で一部切断されており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつ切断された各経路では光の進行方向におけるコア層の切断長がそれぞれの経路を伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されているスラブ導波路とを導波路素子に具備させる。

【0079】すなわち請求項3記載の発明では、スラブ導波路を構成するコア層を必要に応じて一部切断し、その切断された間隔の長短で分波を行う際の入力導波路に合波する光の損失割合を調整するようにしている。

【0080】請求項3記載の発明では、(イ)信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ロ)入力導波路に入力側を接続したスラブ導波路と、(ハ)このスラブ導波路の出力側に接続された複数の導波路からなり、これらの導波路の一部または全部で光の伝搬する層としてのコア層が途中で一部切断されており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつこれらのコア層の切断長がそれぞれの導波路を伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されている出力導波路とを導波路素子に具備させる。

【0081】すなわち請求項3記載の発明では、請求項3記載の発明がスラブ導波路内のコア層を必要に応じて一部切断したのに対して、スラブ導波路から出力される光を伝搬する複数の出力導波路の一部または全部についてのコア層を途中で一部切断し、その切断された間隔の長短で出力導波路ごとの光の損失割合を調整するようにしている。

【0082】請求項3記載の発明では、(イ)信号光を入力する複数の導波路からなり、これらの導波路の一部または全部で光の伝搬する層としてのコア層が途中で切断されており、これらの切断箇所にはコア層の両側に配置されたクラッド層が介在しており、かつこれらのコア層の切断長がそれぞれの伝搬する光の損失割合に応じて予め定めた値に設定されている入力導波路と、(ロ)信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ハ)入力導波路および出力導波路を接続するスラブ導波路とを導波路素子に具備させる。

【0083】すなわち請求項3記載の発明では、請求項3記載の発明がスラブ導波路内のコア層を必要に応じて一部切断したのに対して、スラブ導波路に光を送出する複数の入力導波路の一部または全部についてのコア層を途中で一部切断し、その切断された間隔の長短で入力導波路ごとの光の損失割合を調整するようにしている。

【0084】請求項3記載の発明では、(イ)信号光

を入力する1または複数の入力導波路と、(ロ)この入力導波路の出力側とその入力側を接続したスラブ導波路と、(ハ)このスラブ導波路の出力側に接続された複数の導波路からなり、これらの一部または全部の端部における中央位置を、対応する焦点位置から前記した導波路に伝搬する光に対して損失を与えるべき損失割合に応じて予め定めた値ずつこれらの中心軸から直交する方向にずらした出力導波路とを導波路素子に具備させる。

【0085】すなわち通常の場合にはスラブ導波路の出力側の境界近傍に位置する複数の焦点位置のそれぞれを出力導波路の中心軸と一致させて結合効率を高めるのに対して、請求項3記載の発明では出力導波路に伝搬する光に対して損失を与えるべき損失割合に応じて、スラブ導波路側に面した端部の中央位置を、焦点位置から予め定めた値ずつそれぞれの出力導波路の中心軸から直交する方向にずらすことにし、出力導波路に伝搬する光についての損失を調整するようにしている。

【0086】請求項3記載の発明では、(イ)スラブ導波路と、(ロ)このスラブ導波路の出力側と接続された出力導波路と、(ハ)スラブ導波路の入力側と接続された一部または全部の端部におけるそれぞれの中央位置を、対応する焦点位置から出力導波路に伝搬する光に対して損失を与えるべき損失割合に応じて予め定めた値ずつこれらの中心軸から直交する方向にずらした複数の入力導波路とを導波路素子に具備させる。

【0087】すなわち通常の場合にはスラブ導波路の複数の光送出箇所とそれぞれの入力導波路の中心軸とを一致させて結合効率を高めるのに対して、請求項3記載の発明では出力導波路に伝搬する光に対して損失を与えるべき損失割合に応じて、焦点位置から等位相となるこれら光送出箇所に対する入力導波路の中心軸と直交方向におけるずれを設定することにし、このずれの割合によって、出力導波路に伝搬する光の損失を調整するようにしている。

【0088】請求項3記載の発明では、(イ)信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ロ)入力導波路の出力側を入力側に接続したスラブ導波路と、

(ハ)このスラブ導波路の出力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部と入力導波路とを結ぶそれぞれの線分に対してこれらを伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれらの導波路端部における全部または一部の中心軸が予め定めた角度ずつ傾斜している複数の出力導波路とを導波路素子に具備させる。

【0089】すなわち請求項3記載の発明では、入力導波路の光送出箇所とそれぞれの出力導波路とを結ぶ線分と出力導波路の中心軸がなす角度を光の損失すべき損失割合に応じて設定することで、出力導波路に伝搬する光の損失を調整するようにしている。

【0090】請求項3記載の発明では、(イ)信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ロ)この出

力導波路の入力側と出力側を接続するスラブ導波路と、
 (ハ) このスラブ導波路の入力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部と出力導波路とを結ぶ線分に対してこれらを伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれらの導波路端部における全部または一部の中心軸が予め定めた角度ずつ傾斜している複数の入力導波路とを導波路素子に具備させる。

【0091】すなわち請求項38記載の発明では、それぞれの入力導波路の光送出箇所と出力導波路とを結ぶ線分と入力導波路の中心軸がなす角度を光の損失すべき損失割合に応じて設定することで、入力導波路からスラブ導波路に送出される際の各入力導波路ごとの光の損失を調整することになっている。

【0092】請求項39記載の発明では、(イ) 信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ロ) 入力側をこの入力導波路の出力側と接続するスラブ導波路と、
 (ハ) このスラブ導波路の出力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部の一部または全部についてそれらの導波路幅が、光の損失すべき損失割合に応じた値にそれぞれ設定された出力導波路とを導波路素子に具備させる。

【0093】すなわち請求項39記載の発明では、出力導波路の一部または全部について、光軸と直交する方向の幅を、光の損失すべき損失割合に応じた値に設定することで、それぞれの出力導波路に伝搬する光の損失を調整することになっている。

【0094】請求項40記載の発明では、(イ) 信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ロ) 出力側をこの出力導波路の入力側と接続するスラブ導波路と、
 (ハ) このスラブ導波路の入力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部の一部または全部についてそれらの導波路幅が、光の損失すべき損失割合に応じた値にそれぞれ設定された入力導波路とを導波路素子に具備させる。

【0095】すなわち請求項40記載の発明では、入力導波路の一部または全部について、スラブ導波路と接続する入力導波路の端部における光軸と直交する方向での幅を、光の損失すべき損失割合に応じた値に設定することで、それぞれの入力導波路に伝搬する光の損失を調整することになっている。

【0096】請求項41記載の発明では、(イ) 信号光を入力する1または複数の入力導波路と、(ロ) 入力側をこの入力導波路の出力側と接続するスラブ導波路と、
 (ハ) このスラブ導波路の出力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部と入力導波路とを結ぶそれぞれの線分の距離を、入力導波路からそれぞれの導波路端部へ伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれら導波路端部における光軸方向にずらした出力導波路とを導波路素子に具備させる。

【0097】すなわち通常の場合にはスラブ導波路の出

力側の境界近傍に位置する複数の焦点位置と出力導波路の端部と一致させて焦点の合った状態で出力導波路への結合効率を高めるのに対して、請求項41記載の発明の場合には、一部または全部の出力導波路について、出力導波路の端部と焦点位置との距離を出力導波路に伝搬する光の損失すべき損失割合に応じて光軸方向にずらして、それぞれの出力導波路に伝搬する光の損失を調整することになっている。

【0098】請求項42記載の発明では、(イ) 信号光を出力する1または複数の出力導波路と、(ロ) この出力導波路の入力側と出力側を接続したスラブ導波路と、
 (ハ) このスラブ導波路の入力側とそれぞれの導波路端部を接続し、これらの導波路端部と出力導波路とを結ぶそれぞれの線分の距離を、出力導波路からそれぞれの導波路端部へ伝搬する光の損失すべき損失割合に応じてこれら導波路端部における光軸方向にずらした入力導波路とを導波路素子に具備させる。

【0099】すなわち通常の場合にはスラブ導波路の出力側の境界近傍に位置する焦点位置の他端側でこれらに等位相の複数の光送出箇所と入力導波路の端部を一致させて入力導波路からスラブ導波路へ入力される光の結合効率を高めるのに対して、請求項42記載の発明の場合には、一部または全部の入力導波路について、入力導波路の端部と焦点位置との距離を入力導波路を伝搬してきた光の損失すべき損失割合に応じて光軸方向にずらして、光の損失を調整することになっている。

【0100】請求項43記載の発明では、(イ) 信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、これら出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子と、(ロ) この導波路素子の出力導波路から出力されるそれぞれの信号光を入力してこれら信号光ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを分波装置に具備させる。

【0101】すなわち請求項43記載の発明では、導波路素子自体がそのスラブ導波路の境界部分における光の損失の違いによって、出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定していると共に、レベル調整手段が出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光を入力してこれら波長ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するようにしている。これにより、フラットな入出力特性だけでなく、自由に特性を調整することができる。

【0102】請求項44記載の発明では、(イ) 信号ごとに用意された複数の光源と、(ロ) 信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、入力導波路ごとに出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子と、(ハ) 前記した複数の光源

から導波路素子にそれぞれ入力する信号光のレベルを検出するレベル検出手段と、(二)このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各信号光ごとのレベルと比較して前記した複数の信号光の出力レベルを調整することで導波路素子によって合波された後の各信号光ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを合波装置に具備させる。

【0103】すなわち請求項4記載の発明では、導波路素子自体がそのスラブ導波路の境界部分における光の損失の違いによって、入力導波路ごとに出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定していると共に、複数の光源から導波路素子にそれぞれ入力する光のレベルをレベル検出手段で検出し、これによって複数の光源の出力レベルを調整することで導波路素子によって合波された後の各波長ごとのレベルを所望の値に設定するようにしている。これにより、出力導波路側でフラットな出力特性だけでなく自由に特性を調整することができる。

【0104】請求項45記載の発明では、(イ)各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、(ロ)この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重する導波路素子からなるマルチプレクサと、(ハ)このマルチプレクサから出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、(ニ)この光伝送路の途中に適宜配置された導波路素子を備えたノードと、(ホ)光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離する導波路素子からなるデマルチプレクサと、(ヘ)このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備え、(ト)マルチプレクサは、信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、入力導波路ごとに出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子で構成され、(チ)デマルチプレクサは、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、これら出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子で構成されていることを特徴としている。

【0105】すなわち請求項45記載の発明では、光送信手段と、この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重する導波路素子からなるマルチプレクサと、このマルチプレクサから出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、この光伝送路の途中に適宜配置された導波路素子を備えたノードと、光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離する導波路素子からなるデマルチプレクサと、このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備えたライン状の光通信システムで、これを構成するマルチプレクサは請

求項30記載の導波路素子で構成することでスラブ導波路の出力側に接続された出力導波路に対する入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定し、デマルチプレクサは請求項29記載の導波路素子で構成することで出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定することになっている。

【0106】請求項46記載の発明では、(イ)複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する第1の導波路素子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する第2の導波路素子を備えており、(ロ)第1の導波路素子は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、これら出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する素子であり、(ハ)第2の導波路素子は、信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、入力導波路ごとに出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する素子であることを特徴としている。

【0107】すなわち請求項46記載の発明では、複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する第1の導波路素子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する第2の導波路素子を備えた環状の光通信システムで、第1の導波路素子は請求項30記載の導波路素子で構成することでスラブ導波路の出力側に接続された出力導波路に対する入力導波路ごとの光の入出力特性を予め定めた比率に設定し、第2の導波路素子は請求項29記載の導波路素子で構成することで出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定することになっている。

【0108】請求項47記載の発明では、(イ)各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、(ロ)この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重する合波装置と、(ハ)この合波装置から出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、(ニ)この光伝送路の途中に適宜配置されたノードと、(ホ)光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離する分波装置と、(ヘ)この分波装置によって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備え、(ト)合波装置は、信号ごとに用意された複数の光源と、信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、入力導波路ごとに出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導

波路素子と、前記した複数の光源から導波路素子にそれぞれ入力する信号光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段によって検出されたレベルを予め定められた各信号光ごとのレベルと比較して前記した複数の信号光の出力レベルを調整することで導波路素子によって合波された後の各信号光ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備して構成され、

(チ) 分波装置は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、これら出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子と、この導波路素子の出力導波路から出力されるそれぞれの信号光を入力してこれら信号光ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備して構成されていることを特徴としている。

【0109】すなわち請求項47記載の発明では、光送信手段と、この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重する合波装置と、この合波装置から出力される波長分割多重された光信号を伝送する光伝送路と、この光伝送路の途中に適宜配置されたノードと、光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離する分波装置と、この分波装置によって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備えたライン状の光通信システムで、これを構成する合波装置は請求項44に記載した装置を使用し、分波装置は請求項43に記載した装置を使用することでそれぞれ光の入出力特性を予め定めた比率に設定することになっている。

【0110】請求項48記載の発明では、(イ) 複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する分波装置と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する合波装置を備えており、(ロ) 分波装置は、信号光を入力する1または複数の入力導波路と、信号光を出力する複数の出力導波路と、これら出力導波路ごとに入力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子と、この導波路素子の出力導波路から出力されるそれぞれの信号光を入力してこれら信号光ごとの出力レベルを所望の値となるように調整するレベル調整手段とを具備して構成されており、(ハ) 合波装置は、信号ごとに用意された複数の光源と、信号光を入力する複数の入力導波路と、信号光を出力する1または複数の出力導波路と、入力導波路ごとに出力導波路に対する光の入出力特性を予め定めた比率に設定したスラブ導波路とを具備する導波路素子と、前記した複数の光源から導波路素子にそれぞれ入力する信号光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段によって

検出されたレベルを予め定められた各信号光ごとのレベルと比較して前記した複数の信号光の出力レベルを調整することで導波路素子によって合波された後の各信号光ごとのレベルを所望の値に設定するレベル調整手段とを具備して構成されていることを特徴としている。

【0111】すなわち請求項48記載の発明では、複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重された光信号を各波長の光信号に分離する分波装置と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重する合波装置を備えた環状の光通信システムで、これを構成する分波装置は請求項43に記載した装置を使用し、合波装置は請求項44に記載した装置を使用することでそれぞれ光の入出力特性を予め定めた比率に設定することになっている。

【0112】

【発明の実施の形態】

【0113】

【実施例】以下実施例につき本発明を詳細に説明する。

【0114】《第1の実施例》

【0115】図1は本発明の第1の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路を表わしたものである。なお、本実施例のアレイ導波路格子の基本的な構成は図24に示したものと同一である。出力スラブ導波路101は、その入力側の端部にチャネル導波路アレイ102を接続し、ここから光を入力スラブ導波路101の内部に送出するようになっている。入力スラブ導波路101におけるチャネル導波路アレイ102の接続箇所と対向する位置には、図24に示した出力導波路14に相当する出力導波路105を構成する各導波路104の一端が接続されている。チャネル導波路アレイ102から入力スラブ導波路101の内部に送出された光は、出力導波路105を伝搬されるようになっている。

【0116】図2は、この入力スラブ導波路の出力側の一部を拡大して示したものである。本実施例の出力スラブ導波路101の出力導波路105は、到達する光の強度を補償された補償導波路 $104_m \sim 104_{m+n}$ と、光の強度を補償されていない非補償導波路 $104_k \sim 104_{k+n}$ とに分けられている。補償導波路 $104_m \sim 104_{m+n}$ の方は光の信号レベルの補償が行われるようになっており、モニタ用の導波路にも使用される。非補償導波路 $104_k \sim 104_{k+n}$ の方は、補償による信号レベルの低下が好ましくない用途に一般的に使用される。もちろん、出力導波路105のすべての導波路104が補償導波路を構成するものであってもよい。

【0117】出力スラブ導波路101の内部にはチャネル導波路アレイ102から送出された光を伝搬するコア層111が出力導波路105の接続箇所まで配置されており、これを上下両方向(紙面と垂直方向)から挟むようにクラッド層112が挟んでおり、光をコア層111

内に封じ込めている。しかしながら、本実施例のアレイ導波路格子を構成する出力スラブ導波路101の場合には、補償導波路104_n～104_{n+1}に対応する箇所のクラッド層112がそれらの光路113の一部で切断されており、切断箇所にはクラッド層112が配置されている。

【0118】図3および図4は、図2に示した2つの光路でコア層の切断箇所をそれぞれ示したものである。これらの図は共に図2に示した出力スラブ導波路101を紙面に垂直にかつ光路113_nあるいは光路113_{n+1}に沿って切断したものである。コア層111の途中を一部切断していない状態で考えると、図3に示した補償導波路104_nに至る光路113_nの方が、図4に示した補償導波路104_{n+1}に至る光路113_{n+1}よりも図1に示したチャネル導波路アレイ102から送られてくる光の強度が強い。このような光の強度レベルの平坦化を本実施例ではコア層111の切断長 $L_{n,n}$ 、 L_{n+1} の長短で調整している。

【0119】すなわち図3に示した光路113_nの場合には、切断長 $L_{n,n}$ が比較的短くなっており、入力側のコア層111_{IN}から切断箇所で放出された光のかなりの部分は出力側のコア層111_{OUT}に入射して補償導波路104_nに到達する。これに対して、図4に示した光路113_{n+1}の場合には、切断長 L_{n+1} が比較的長くなっており、入力側のコア層111_{IN}から切断箇所で放出された光の多くの部分は出力側のコア層111_{OUT}に入射しない。このため補償導波路104_{n+1}に到達する光の強度は大きく減少する。

【0120】したがって、図2に示した各補償導波路104_n～104_{n+1}におけるコア層111が欠如していない場合の光の強度を測定または理論で求めておき、これらが平坦化されるようにこれらの途中の光路113をそれぞれ実験または理論で求めた長さで一部切断するようにすればよい。コア層111の必要箇所の切断は、たとえばウェットあるいはドライエッチングによって実現することができる。

【0121】図5は、本実施例におけるコア層の切断長とこれによる光の損失の増加量の関係を表わしたものである。コア層111を切断した部分の長さが長いほど、導波路104に至る光の損失が増加し、減衰して到達することが分かる。アレイ導波路格子あるいはこれを使用した分波装置、合波装置あるいは光通信システムによっては必ずしもフラットな信号特性を要求しない場合がある。たとえば、補償導波路104_n～104_{n+1}の出力側に配置された図示しない増幅器の出力特性が平坦でないような場合には、これらとの総合で出力特性を設計する必要がある。そこで、実際には必要とされる出力特性に合わせて補償導波路104_n～104_{n+1}側で得られる光の強度を補償することになる。

【0122】《第2の実施例》

【0123】図6は本発明の第2の実施例におけるアレイ導波路格子のスラブ導波路部分の出力側周辺の一部を拡大して示したものである。なお、本実施例のアレイ導波路格子の基本的な構成も図24に示したものと同じである。出力スラブ導波路131は、その入力側の端部にチャネル導波路アレイ102を接続し、ここから光を入力スラブ導波路101の内部に送出するようになっている。送出された光は、それぞれの出力ポート側焦点位置 $P_{n,n}$ 、 $P_{n,n-1}$ 、 $P_{n,n-2}$ 、……の位置で位相を合わせ、それぞれ焦点を結ぶようになっている。そして、出力ポート側焦点位置 $P_{n,n}$ 、 $P_{n,n-1}$ 、 $P_{n,n-2}$ 、……に焦点を結んだ光が、図24に示した出力導波路14に相当するチャネル導波路を構成する各補償導波路132_n、132_{n+1}、132_{n+2}、……を伝搬されるようになっている。

【0124】第1の実施例のアレイ導波路格子と異なる点は、出力スラブ導波路131の図示しないコア層が光路の途中で切断されていないことと、補償導波路132_n、132_{n+1}、132_{n+2}、……の一部または全部の中心軸の延長線が、これらに対応する出力導波路側焦点位置 $P_{n,n}$ 、 $P_{n,n-1}$ 、 $P_{n,n-2}$ 、……と一致せず、いわゆる軸ずれ状態となっていることである。なお、本実施例では軸ずれの状態がわかりやすいように多少誇張して図示している。

【0125】図7および図8は、出力スラブ導波路の比較的周辺部に配置された出力補償を行っていない補償導波路とわずかに出力補償を行ったこれに隣接する補償導波路の2つの場合における光の伝搬の状態を図解したものである。図7に示した補償導波路132_nの場合には、光を減衰させるための補正を行っていない。この状態では通常出力スラブ導波路における各入力ポートとチャネル導波路アレイの位置関係と全く等しく、補償導波路132_nの中心軸141_nの延長線は出力導波路側焦点位置 $P_{n,n}$ の位置と一致している。すなわち、この場合には軸ずれが生じていない。この図7に示した状態では、出力導波路側焦点位置 $P_{n,n}$ の位置で焦点を結んだガウシアン形状の強度分布の光は、補償導波路132_nと良好にマッチングしてその内部を矢印142で示した出力側に伝搬する。

【0126】一方、図8に示したこれに隣接した補償導波路132_{n+1}の場合には、対応する出力導波路側焦点位置 $P_{n,n-1}$ に対して中心軸141_{n+1}がわずかな距離 $d_{n,n-1}$ だけずれている。この軸ずれによって、出力導波路側焦点位置 $P_{n,n-1}$ に焦点を結んだガウシアン形状の強度分布の光は、補償導波路132_{n+1}を伝搬する際にわずかなミスマッチングを生じ、これによってロス（減衰）を発生させる。この結果、仮に出力導波路側焦点位置 $P_{n,n-1}$ に焦点を結んだ光の強度が出力導波路側焦点位置 $P_{n,n}$ のそれよりも大きくても、この軸ずれの値を適切に設定すれば、補償導波路132_{n+1}を伝

搬する光の強度を補償導波路132_{a+n}を伝搬する光の強度と等しく設定することができる。このようにして、補償導波路132_{a+n}、132_{a+n-1}、132_{a+n-2}、……のすべてで光の強度を等しくし、平坦な特性とすることができる。

【0127】図9は、このような平坦な出力特性を得るための各出力ポートの軸ずれとこれにより得られる損失の関係を表わしたものである。先の第1の実施例と同様に、本実施例の場合にも出力側で平坦な特性を得るものに限定する必要はない。すなわち、アレイ導波路格子あるいはこれを使用した分波装置、合波装置あるいは光通信システムによっては必ずしもフラットな信号特性を要求しない場合がある。たとえば、補償導波路132_{a+n}、132_{a+n-1}、132_{a+n-2}、……を経た図示しない最終的な出力側（図24の出力導波路14の後段）に配置された図示しない増幅器の出力特性が平坦でないような場合には、これらとの総合で出力特性を設計する必要がある。そこで、実際には必要とされる出力特性に合わせて補償導波路132_{a+n}、132_{a+n-1}、132_{a+n-2}、……側で得られる光の強度を補償することになる。

【0128】《第3の実施例》

【0129】図10は本発明の第3の実施例におけるアレイ導波路格子のスラブ導波路部分の要部を拡大して示したものである。本実施例のアレイ導波路格子の基本的な構成も図24に示したものと同一である。この第3の実施例の出力スラブ導波路161は、チャネル導波路アレイ102から送出される光をそれぞれの出力導波路側焦点位置P_{a+n}、P_{a+n-1}、P_{a+n-2}、……の位置で位相を合わせ、それぞれ焦点を結ぶようになっている。出力導波路側焦点位置P_{a+n}、P_{a+n-1}、P_{a+n-2}、……に対応して、図示しない出力導波路を構成する補償導波路162_{a+n}、162_{a+n-1}、162_{a+n-2}、……が配置されている。これら補償導波路162_{a+n}、162_{a+n-1}、162_{a+n-2}、……は、先の第2の実施例と異なりそれらの中心軸の延長線とチャネル導波路アレイ側焦点位置P_{a+n}、P_{a+n-1}、P_{a+n-2}、……の位置にずれはない。この代わりに、第3の実施例のアレイ導波路格子では、チャネル導波路アレイ102側の光送出箇所から送信される光とそれぞれの出力導波路側焦点位置P_{a+n}、P_{a+n-1}、P_{a+n-2}、……を結ぶ光路163_{a+n}、163_{a+n-1}、163_{a+n-2}、……とそれぞれ対応する補償導波路162_{a+n}、162_{a+n-1}、162_{a+n-2}、……の中心軸とのなす角度が光の強度の補償量に応じて異なっている。

【0130】図11は各出力ポートに至る光路と補償導波路の中心軸との関係を図解したものである。ここでは、先の第1および第2の実施例と同様に出力スラブ導波路161の入力側で比較的周辺部に位置する補償導波路162_{a+n}に対しては損失がないような設定となつて

おり、補償導波路162_{a+n-1}、162_{a+n-2}、……と中央部に近づくにつれて損失が多くなるものとして説明を行う。本実施例でチャネル導波路アレイと出力導波路側焦点位置P_{a+n}を結ぶ光路163_{a+n}は、光路163_{a+n}と補償導波路162_{a+n}の中心軸165_{a+n}とのなす角度を θ_{a+n} とするとこれは0度となる。すなわち、この場合には、光路163_{a+n}と中心軸165_{a+n}は一致し、出力導波路側焦点位置P_{a+n}の位置で焦点を結んだガウシアン形状の強度分布の光は、補償導波路165_{a+n}と良好にマッチングしてその内部を出力側に伝搬し、結合効率は最もよい。

【0131】一方、補償導波路162_{a+n}と隣接した補償導波路162_{a+n-1}の場合、その中心軸165_{a+n-1}は光路163_{a+n-1}と一致せず、これらが比較的小さな角度 θ_{a+n-1} で交わっている。このため、出力導波路側焦点位置P_{a+n}と隣接する出力導波路側焦点位置P_{a+n-1}に焦点を結んだ光は補償導波路162_{a+n-1}を伝搬するときには必ずしもミスマッチングを発生させ、結合効率が若干低下する。この結果、仮に出力導波路側焦点位置P_{a+n-1}に焦点を結んだ光の強度が出力導波路側焦点位置P_{a+n}のそれよりも大きくても、この角度 θ_{a+n-1} の値を適切に設定すれば、出力導波路すなわち補償導波路162_{a+n-1}を伝搬する光の強度を補償導波路162_{a+n}を伝搬する光の強度と等しく設定することができる。

【0132】補償導波路162_{a+n-1}の更に中央側に隣接して位置する補償導波路162_{a+n-2}の場合には、その中心軸165_{a+n-2}と光路163_{a+n-2}のなす角度 θ_{a+n-2} は角度 θ_{a+n-1} より所定量だけ大きく設定されている。これにより、出力導波路側焦点位置P_{a+n-2}と補償導波路162_{a+n-2}の結合効率が先の場合よりも更に低下する。そこで、補償導波路162_{a+n-2}を伝搬する光の強度も角度 θ_{a+n-2} の値を適切に設定すれば補償導波路162_{a+n-1}を伝搬する光の強度と等しく設定することができる。このようにして、補償導波路162_{a+n}、162_{a+n-1}、162_{a+n-2}、……のすべてで光の強度を等しくし、平坦な特性とすることができる。

【0133】図12は、中心軸の角度 θ とこれにより得られる損失の関係を表わしたものである。先の第1および第2の実施例と同様に、本実施例の場合にも出力側で平坦な特性を得るものに限定する必要はない。すなわち、アレイ導波路格子あるいはこれを使用した分波装置、合波装置あるいは光通信システムによっては必ずしもフラットな信号特性を要求しない場合がある。たとえば、補償導波路162_{a+n}、162_{a+n-1}、162_{a+n-2}、……を経た図示しない最終的な出力側（図24の出力導波路14の後段）に配置された図示しない増幅器の出力特性が平坦でないような場合には、これらとの総合で出力特性を設計する必要がある。そこで、実際には必要とされる出力特性に合わせて補償導波路162_{a+n}、162_{a+n-1}、162_{a+n-2}、……側で得られる光

の強度を補償することになる。

【0134】《第4の実施例》

【0135】図13は本発明の第4の実施例におけるアレ導波路格子のスラブ導波路部分の出力側周辺の一部を拡大して示したものである。本実施例のアレイ導波路格子の基本的な構成も図24に示したものと同一である。この第4の実施例の出力スラブ導波路191は、出力スラブ導波路101と同様に図示しないチャネル導波路アレイから送出される光をそれぞれの出力導波路側焦点位置 P_{0+a} 、 P_{0+a-1} 、 P_{0+a-2} 、……の位置で位相を合わせ、それぞれ焦点を結ぶようになっている。そして、出力導波路側焦点位置 P_{0+a} 、 P_{0+a-1} 、 P_{0+a-2} 、……に焦点を結んだ光が、対応する補償導波路192 $_{0+a}$ 、192 $_{0+a-1}$ 、192 $_{0+a-2}$ 、……を伝搬されるようになっている。

【0136】本実施例でも先の第3の実施例の場合と同様に各出力導波路側焦点位置 P_{0+a} 、 P_{0+a-1} 、 P_{0+a-2} 、……は対応する補償導波路192 $_{0+a}$ 、192 $_{0+a-1}$ 、192 $_{0+a-2}$ 、……の中心軸の延長線上に位置している。また、前記したチャネル導波路アレイ側の図示しない光送出箇所から各出力導波路側焦点位置 P_{0+a} 、 P_{0+a-1} 、 P_{0+a-2} 、……に至る光路193 $_{0+a}$ 、193 $_{0+a-1}$ 、193 $_{0+a-2}$ 、……は、これら対応する補償導波路192 $_{0+a}$ 、192 $_{0+a-1}$ 、192 $_{0+a-2}$ 、……の中心軸と一致している。この代わりに、第4の実施例のアレイ導波路格子では、各補償導波路192 $_{0+a}$ 、192 $_{0+a-1}$ 、192 $_{0+a-2}$ 、……の出力スラブ導波路191との接続端側の導波路幅 W_{0+a} 、 W_{0+a-1} 、 W_{0+a-2} 、……が光の強度の補償量に応じて異なっている。

【0137】すなわち第4の実施例のアレイ導波路格子では、各出力導波路側焦点位置 P_{0+a} 、 P_{0+a-1} 、 P_{0+a-2} 、……における光のスポットサイズと対応する補償導波路192 $_{0+a}$ 、192 $_{0+a-1}$ 、192 $_{0+a-2}$ 、……の導波路幅 W_{0+a} 、 W_{0+a-1} 、 W_{0+a-2} 、……の広狭によって光の強度の補償量を調整している。

【0138】図14は、焦点のスポットサイズと導波路の導波モードのスポットサイズの比と、この比における結合損失の関係を示したものである。この図から明かなように焦点のスポットサイズと導波路の導波モードのスポットサイズの比が1から遠いほど損失は多くなる。焦点のスポットサイズが一定であり、導波路幅を変えると導波モードのスポットサイズが変わることから、補償導波路192 $_{0+a}$ 、192 $_{0+a-1}$ 、192 $_{0+a-2}$ 、……の導波路幅 W_{0+a} 、 W_{0+a-1} 、 W_{0+a-2} 、……をそれぞれ設定することで、焦点のスポットサイズと導波路の導波モードのスポットサイズの比をそれぞれ調整することができる。これより、補償導波路192 $_{0+a}$ 、192 $_{0+a-1}$ 、192 $_{0+a-2}$ 、……の導波路幅 W_{0+a} 、 W_{0+a-1} 、 W_{0+a-2} 、……を適切に設定することで、これら補償導波路（出力導波路）192 $_{0+a}$ 、192 $_{0+a-1}$ 、192

$_{0+a-2}$ 、……を伝搬する光の強度を平坦等の所望の特性に設定することができる。

【0139】《第5の実施例》

【0140】図15は本発明の第5の実施例におけるアレ導波路格子のスラブ導波路部分の要部を拡大して示したものである。本実施例のアレイ導波路格子の基本的な構成も図24に示したものと同一である。この第5の実施例の出力スラブ導波路221は、その出力側が非補償導波路222 $_k$ ～222 $_{k+n}$ の接続箇所を連ねた等位相曲線（先の実施例の出力導波路側焦点位置 P_{0+n} 、 P_{0+n-1} 、 P_{0+n-2} 、……あるいは出力導波路側焦点位置 P_{0+a} 、 P_{0+a-1} 、 P_{0+a-2} 、……を連ねた曲線）223よりも更に出力側としての出力導波路側に向けて一部突出しており、この突出した箇所に光の強度を補償される補償導波路225 $_n$ ～225 $_{n+n}$ が接続されている。すなわち、出力スラブ導波路221と補償導波路225 $_n$ ～225 $_{n+n}$ の境界が通常のそれよりも出力導波路側に一部突出した形となっている。このように等位相曲線223に対して出力側に突出する代わりに、入力スラブ導波路221の入力側に引っ込んだ形となってもよい。

【0141】図16は、このような出力スラブ導波路の出力側の突出部分による光の損失を原理的に説明するためのものである。本実施例で図示しないチャネル導波路アレイと出力導波路側焦点位置 P_{0+n} を結ぶ光路224 $_{0+n}$ を経た光は、出力導波路側焦点位置 P_{0+n} に配置された補償導波路225 $_{0+n}$ と良好にマッチングしてその内部を出力側に伝搬する。この状態では光の強度レベルの補正を行っていない。

【0142】一方、前記したチャネル導波路アレイと出力導波路側焦点位置 P_{0+n-1} を結ぶ光路224 $_{0+n-1}$ を経た光は、出力導波路側焦点位置 P_{0+n-1} が焦点位置となるが、補償導波路225 $_{0+n-1}$ は光の出力方向に所定長（以下、焦点ずれ距離という。） F_{0+n-1} だけ後退した位置に配置されている。したがって、出力導波路側焦点位置 P_{0+n-1} でガウス波形をした光が若干歪みスポットサイズが拡大した状態で補償導波路225 $_{0+n-1}$ 内部に伝搬されることになり、このときのミスマッチングによって結合損失が発生する。これにより、焦点ずれ距離 F_{0+n-1} を適切に設定することで、チャネル導波路アレイ側焦点位置 P_{0+n} と比較して出力導波路側焦点位置 P_{0+n-1} で生じた光強度の増加分を相殺する結合損失を発生させることができ、補償導波路225 $_{0+n-1}$ を伝搬する光の強度レベルを補償導波路225 $_{0+n}$ と同一レベルに調整することができる。

【0143】補償導波路225 $_{0+n-1}$ の更に中央側に隣接して位置する補償導波路225 $_{0+n-2}$ は、これに対応する出力導波路側焦点位置 P_{0+n-2} から更に長い焦点ずれ距離 F_{0+n-2} だけ出力側としての出力導波路側に後退した位置に配置されている。これにより、出力導波路側焦点位置 P_{0+n-2} と補償導波路225 $_{0+n-2}$ の結合効率が

先の場合よりも更に低下する。そこで、焦点ずれ距離 F_{n+n-2} の値を適切に設定すれば補償導波路 225_{a+n-1} を伝搬する光の強度と等しく設定することができる。このようにして、補償導波路 225_{a+n} 、 225_{a+n-1} 、 225_{a+n-2} 、……のすべてで光の強度を等しくし、平坦な特性とすることができる。

【0144】図17は、焦点ずれ距離 F とこれによる損失の関係を表わしたものである。先の各実施例と同様に、本実施例の場合にも出力側で平坦な特性を得るものに限定する必要はない。すなわち、アレイ導波路格子あるいはこれを使用した分波装置、合波装置あるいは光通信システムによっては必ずしもフラットな信号特性を要求しない場合がある。たとえば、補償導波路 225_{a+n} 、 225_{a+n-1} 、 225_{a+n-2} 、……の出力側に配置された図示しない増幅器の出力特性が平坦でないような場合には、これらとの総合で出力特性を設計する必要がある。そこで、実際には必要とされる出力特性に合わせて補償導波路 225_{a+n} 、 225_{a+n-1} 、 225_{a+n-2} 、……側で得られる光の強度を補償することになる。

【0145】《第1～第5の実施例の変形可能性》

【0146】図18は、アレイ導波路格子のスラブ導波路部分の一般的な入出力関係を示すものである。ここでは図1に示した部分に図1と同一の符号を使用するものとする。先の第1の実施例では出力スラブ導波路101のチャネル導波路アレイ102から光を出力スラブ導波路101の内部に送出し、出力導波路105を構成するそれぞれの導波路104から分波した光を出力するようにしていた。これとは逆に、出力導波路105のそれぞれの導波路104側を入力として使用すると共に、チャネル導波路アレイ102を出力側として使用することで、各種の波長あるいは信号の光信号を合波して取り出すことができる。このときに、従来では出力導波路105の比較的中央部から入射した光の強度が強くなるために、入力段階で光の強度レベルを調整する必要があったが、第1の実施例の出力スラブ導波路101を入出力逆方向で使用することで、このような調整を行う必要がなく、合波後の信号レベルを適正な範囲のものとすることができるようになる。

【0147】以上、第1の実施例のアレイ導波路格子を使用して光の分波だけでなく合波を行うことができることを説明したが、第2～第5の実施例のアレイ導波路格子でもこの点は全く同一である。すなわち、これらのアレイ導波路格子を光信号のマルチプレクサとして使用することも、この逆のデマルチプレクサとして使用することも可能である。

【0148】《第6の実施例》

【0149】図19は、本発明の第6の実施例としての分波装置の構成を表わしたものである。この分波装置301は、光信号302を入力する導波路素子303を備

えている。導波路素子303は第1～第5の実施例で説明したどのタイプのアレイ導波路格子でもよいが、これらの実施例で説明したように入力された光信号を分波し、出力導波路304₁～304_Nからこれら分波後の光信号305₁～305_Nを出力するようになっている。出力導波路304₁～304_Nの後段には、それぞれ監視増幅回路306₁～306_Nが設けられている。これらの監視増幅回路306₁～306_Nは、光信号305₁～305_Nのうちの対応するものを入力してその信号レベルを検出してこれが所望のレベルとなるように増幅またはアッテネートする回路であり、一種のAGC (automatic gain control: 自動利得制御) 回路である。この結果、導波路素子303の部分で一次的に利得の調整の行われた光信号305₁～305_Nが最終的にそれらの利得を調整されて、光信号307₁～307_Nとして出力されることになる。

【0150】もちろん、本実施例の導波路素子303がその出力する光信号305₁～305_Nの各レベルをフラットにすることは可能であるが、分波装置301全体として要求される出力特性がこれとは異なった特性であるような場合でも監視増幅回路306₁～306_Nによって対処することが可能になる。

【0151】《第7の実施例》

【0152】図20は、本発明の第7の実施例としての合波装置の構成を表わしたものである。この合波装置321は、複数の波長の光信号を出力する半導体レーザ322₁～322_Nを備えている。半導体レーザ322₁～322_Nから出力される光信号323₁～323_Nは分岐素子324₁～324_Nによってそれぞれ2つに分岐され、これらのうちの一方の光信号325₁～325_Nが導波路素子326に入力されるようになっている。導波路素子326はこれら入力された光信号325₁～325_Nを合波して、多重化された光信号327として出力する。

【0153】一方、分岐素子324₁～324_Nによって分岐された他方の光信号328₁～328_Nは、それぞれ対応して設けられたレベル検出回路329₁～329_Nでそれぞれの信号レベルを検出される。レベル検出回路329₁～329_Nは、たとえばフォトダイオードによって構成することができる。レベル検出回路329₁～329_Nは、これらの検出結果に基づいて、半導体レーザ322₁～322_Nにそれぞれ対応して配置された駆動制御回路331₁～331_Nによってレーザの出力レベルを制御する。この結果、導波路素子326から出力される光信号327を構成する各波長の光信号のレベルを適正な値に設定することができる。

【0154】この実施例の合波装置321でも、導波路素子326がそれぞれ等レベルの信号の入力に対して等レベルの多重化された信号を出力するような出力特性の補償を行っていれば、駆動制御回路331₁～331_Nを

特に使用することなく出力特性をフラットにすることができる。しかしながら、これとは異なった出力特性が要求される場合や高精度なレベル調整が必要な場合には、このように駆動制御回路331₁～331_Nを用いて対処が可能である。

【0155】《第8の実施例》

【0156】図21は、本発明の第8の実施例における光通信システムの構成の概要を表わしたものである。この光通信システムで、送信側に配置された図示しないS O N E T (Synchronous Optical Network) 装置に接続された光送信機401から送り出された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のNチャンネル分の光信号は光マルチプレクサ(MUX)402で多重された後、ブースタンプ403で増幅されて光伝送路404に送り出される。光マルチプレクサ402は、たとえば第1の実施例で説明したようなアレイ導波路格子で構成されている。多重化された光信号405はインラインアンプ406で適宜増幅された後、プリアンプ407を経て光デマルチプレクサ(DMUX)408で元の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ に分離され、光受信機409で受信されるが、その途中の光伝送路404に適宜の数のノード(OADM)411₁～411_Nが配置されている。これらのノード411₁～411_Nでは、所望の波長の光信号が入出力されることになる。

【0157】図22は、ノードの構成の概要を示したものである。ここでは第1のノード411₁を示しているが、第2～第Mのノード411₂～411_Mも原理的には同一の構成となっている。図21に示した光伝送路404は、第1のノード411₁の入力側アレイ導波路格子(AWG)421に入力されて波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のNチャンネル分の光信号に分波され、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ ごとに設けられた2入力2出力の光スイッチ422₁～422_Nによって、それぞれの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の光信号をノード側受信部426に取り込む(drop)と共に、ノード側送信部424から送信した光信号を挿入する(Add)。2入力2出力の光スイッチ422₁～422_Nの出力は出力側アレイ導波路格子428にそのまま入力されるようになっている。出力側アレイ導波路格子428は入力側アレイ導波路格子421と逆の構成の素子であり、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のNチャンネル分の光信号を多重して光伝送路404に光信号4205として送り出すことになる。

【0158】なお、従来の各ノード411₁では、たとえば図22に示した2入力2出力の光スイッチ422₁～422_Nと出力側アレイ導波路格子428の間に、それぞれの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ ごとにアッテネータを設けて、多重化された光信号405が入力側アレイ導波路格子421を経たときの信号レベルの不均一さおよび出力側アレイ導波路格子428で合波した後の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ ごとの光信号405のレベルの不均一さを解消していた。本発明の第8の実施例における光通信システムでは、第1の実施例および第1～第5の実施例の変形可能性の項目の

箇所で説明したように、入力側アレイ導波路格子421および出力側アレイ導波路格子428でそれぞれ導波路間のレベル補償を行うことができる。したがって、本実施例では動的なレベル補正が必要ない用途では従来必ず必要とされたアッテネータを設けない構成が可能であり、動的なレベル補正が必要な用途ではレベル補償器のダイナミックレンジ特性に対する要求を緩和することができる。

【0159】このように図22に示した第1のノード411₁を始めとして、図4に示した第2～第Mのノード411₂～411_Mおよび光マルチプレクサ402ならびに光デマルチプレクサ408は共にアレイ導波路格子を使用している。したがって、光信号405のチャンネル数Nが多くなる要請の下で、アレイ導波路格子の出力スラブ導波路から多チャンネルで取り出される各レーザ光の波長の安定化や出力レベルの監視が重要となる。このため、図21に示すようにこれら各ノード411₁～411_Mおよび光送信機401には、これらに対応してそれぞれ出力監視制御装置431₁～431_Mおよび431_Sが取り付けられている。

【0160】《第8の実施例の変形可能性》

【0161】以上説明した第8の実施例では、第1の実施例のアレイ導波路格子を使用したか、第2～第5の実施例で使用したアレイ導波路格子をこれに代わって使用することも可能であり、同様の光通信システムを実現することができる。また、第6および第7の実施例で説明した分波装置および合波装置をこれらアレイ導波路格子の代わりに使用することも当然である。

【0162】《補足説明》

【0163】以上、本発明の各実施例を説明したが本発明ではアレイ導波路格子のスラブ導波路あるいはこれに接続された導波路(チャンネル導波路アレイの個々の導波路も含む)で光の損失を発生させる等により光の入出力特性を所望のものとするようにしている。このための1つの手法として焦点の整合度を利用することが行われている(請求項9、請求項10等)。そこで、アレイ導波路格子における焦点の概念を補足的に説明する。

【0164】図23は、光源とこれから放出されるコヒーレントな光の伝搬する様子を表わしたものである。点光源501から図の左側に向けて光が放出されると、破線で示すように等位相面で光は広がっていく。等位相面は点光源501から常に等距離であるので、同心円状に生じる。

【0165】これとは逆に等位相面が所定の円弧を形成するような光を図23の左側から右側に向けて放射すると、光は今までと逆の方向に進んで点光源501の位置に集光する。この集光した位置が焦点となる。点光源501は現実的には存在しないが、光の放射や集光を考えるときに光源が充分遠方にあると見なすことができれば幅や長さが存在する光源も点光源501として扱うこと

ができる。

【0166】たとえば図24に示したチャネル導波路アレイ15は、コアの上下左右がクラッドとなっていて3次元的に光を閉じ込める構造となっている。このようなチャネル導波路から出射される光も、十分に遠方に存在すれば点光源501として放射や集光を考えることができる。アレイ導波路格子では、チャネル導波路アレイの出口が円周上に配置されている。このためチャネル導波路アレイの出口で各アレイが等位相であれば、近似的に円周状の等位相の光を作ることができ、その円周の中心点に向かって光を出射することができるので、そこに焦点を作ることができる。

【0167】また、チャネル導波路アレイの出口で等位相となっていない場合でも、アレイごとに位相差が付いているような場合には円周の中心からずれた位置に焦点が生じる。分波タイプのアレイ導波路格子では、チャネル導波路アレイを伝搬する際に波長によってアレイごとに位相が異なる。したがって、出力スラブ導波路で波長により異なる位置に焦点を結ぶことになる。

【0168】合波タイプのアレイ導波路格子では、波長によらず出力スラブ導波路の同一位置に焦点を結ぶことが好ましい。そこで、このような場合には、チャネル導波路アレイを伝搬する際に生じる位相差をキャンセルするように、波長ごとに入力位置を変える必要がある。

【0169】

【発明の効果】以上説明したように請求項1～請求項16記載の発明によれば、アレイ導波路格子の内部で複数の導波路について光の損失を異ならせたので、アレイ導波路格子の外部にアッテネータや増幅器を配置することなく、また高精度の部品取付作業を必要とすることなく、入出力特性を変化させたり、出力特性の平坦化を図ることができる。したがって、アレイ導波路格子を使用したモジュールあるいは装置の簡素化と信頼性の向上およびコストダウンを図ることができる。

【0170】また、請求項17および請求項18記載の発明によれば、入出力特性を調整したアレイ導波路格子とその出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光の出力レベルを調整するレベル調整手段で分波装置を構成したので、アレイ導波路格子そのものの入出力特性の誤差を補正することができる。また、使用するシステムあるいは装置に応じて分波装置としての所望の特性を得ることができるという利点もある。

【0171】更に請求項19および請求項20記載の発明によれば、入出力特性を調整したアレイ導波路格子と、複数の光源からアレイ導波路格子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段で検出されたレベルを基にこれらの光源の出力レベルを調整するレベル調整手段を合波装置に具備させたので、アレイ導波路格子そのものの入出力特性の誤差を補正することができる。また、使用するシステムある

いは装置に応じて合波装置としての所望の特性を得ることができるという利点もある。

【0172】また請求項21～請求項28記載の発明によれば、導波路素子の外部にアッテネータや増幅器あるいは信号レベルを調整する手段を配置することなく、入出力特性を変化させたり、出力特性の平坦化を図ることができるので、システム全体の簡素化と信頼性の向上およびコストダウンを図ることができる。

【0173】更に請求項29～請求項42記載の発明によれば、導波路素子の内部で複数の導波路について光の損失を異ならせたので、導波路素子の外部にアッテネータや増幅器を配置することなく、また高精度の部品取付作業を必要とすることなく、入出力特性を変化させたり、出力特性の平坦化を図ることができる。したがって、アレイ導波路格子を使用したモジュールあるいは装置の簡素化と信頼性の向上およびコストダウンを図ることができる。

【0174】また、請求項43記載の発明によれば、入出力特性を調整した導波路素子とその出力導波路から出力されるそれぞれの波長の光の出力レベルを調整するレベル調整手段で分波装置を構成したので、導波路素子そのものの入出力特性の誤差を補正することができる。また、使用するシステムあるいは装置に応じて分波装置としての所望の特性を得ることができるという利点もある。

【0175】更に請求項44記載の発明によれば、入出力特性を調整した導波路素子と、複数の光源から導波路素子にそれぞれ入力する光のレベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段で検出されたレベルを基にこれらの光源の出力レベルを調整するレベル調整手段を合波装置に具備させたので、導波路素子そのものの入出力特性の誤差を補正することができる。また、使用するシステムあるいは装置に応じて合波装置としての所望の特性を得ることができるという利点もある。

【0176】また請求項45～請求項48記載の発明によれば、導波路素子の外部にアッテネータや増幅器あるいは信号レベルを調整する手段を配置することなく、入出力特性を変化させたり、出力特性の平坦化を図ることができるので、システム全体の簡素化と信頼性の向上およびコストダウンを図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例におけるアレイ導波路格子のスラブ導波路の全体的な構成を表わした平面図である。

【図2】第1の実施例でスラブ導波路の出力側の一部を拡大して示した要部拡大平面図である。

【図3】第1の実施例で比較的周辺に位置する補償出力導波路に至る光路でスラブ導波路を切断した要部断面図である。

【図4】第1の実施例で比較的中央部に位置する補償出

力導波路に至る光路でスラブ導波路を切断した要部断面図である。

【図5】第1の実施例におけるコア層の切断長とこれによる光の損失の増加量の関係を表わした特性図である。

【図6】本発明の第2の実施例におけるアレイ導波路格子のスラブ導波路部分の出力側周辺の一部を拡大して示した説明図である。

【図7】第2の実施例でスラブ導波路の比較的周辺部に配置された出力補償を行っていない補償出力導波路での光の伝搬の状態を表わした説明図である。

【図8】第2の実施例で図7の例と比較してわずかに出力補償を行った補償出力導波路での光の伝搬の状態を表わした説明図である。

【図9】第2の実施例における各出力ポートの軸ずれとこれにより得られる損失の関係を表わした特性図である。

【図10】本発明の第3の実施例におけるアレイ導波路格子のスラブ導波路部分の要部を拡大して示した要部平面図である。

【図11】第3の実施例で各出力ポートに至る光路と補償出力導波路の中心軸との関係を示した説明図である。

【図12】第3の実施例における中心軸の角度 θ とこれにより得られる損失の関係を表わした特性図である。

【図13】本発明の第4の実施例でアレイ導波路格子のスラブ導波路部分の出力側周辺の一部を拡大して示した要部平面図である。

【図14】第4の実施例における焦点のスポットサイズと導波路の導波モードのスポットサイズとの比と、これにより得られる損失の関係を示した特性図である。

【図15】本発明の第5の実施例におけるアレイ導波路格子のスラブ導波路部分の要部を拡大して示した要部平面図である。

【図16】第5の実施例でスラブ導波路の出力側の突出部分による光の損失を原理的に示した説明図である。

【図17】第5の実施例における焦点ずれ距離 F とこれにより得られる損失の関係を表わした特性図である。

【図18】第1の実施例のアレイ導波路格子を使用して光の分波と合波の双方が可能であることを示した説明図である。

【図19】本発明の第6の実施例としての分波装置の構成を表わしたブロック図である。

【図20】本発明の第7の実施例としての合波装置の構成を表わしたブロック図である。

【図21】本発明の第8の実施例における光通信システムの構成の概要を表わしたシステム構成図である。

【図22】図21のシステムにおけるノードの構成の概要を示したブロック図である。

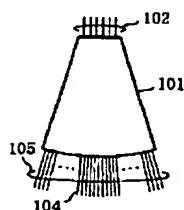
【図23】本発明の焦点の概念を説明するための原理図である。

【図24】従来のアレイ導波路格子の全体的な構成を表わした平面図である。

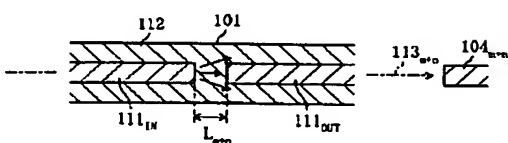
【符号の説明】

- 101、131、161、191、221 入力スラブ導波路
 102 チャンネル導波路アレイ
 104 導波路
 105 出力導波路
 111 コア層
 112 クラッド層
 132、162、192、225 補償導波路
 163、193、224 光路
 165 中心軸
 222 非補償導波路
 223 等位相曲線
 301 分波装置
 303、326 導波路素子
 306 監視増幅回路
 321 合波装置
 322 半導体レーザ
 329 レベル検出回路
 331 駆動制御回路
 d 距離
 L 切断長
 P_{IN} 入力ポート位置
 P_{m+n} 、 P_{m+n-1} 、 P_{m+n-2} 、 P_{m+a} 、 P_{m+a-1} 、 P_{m+a-2} チャンネル導波路アレイ側焦点位置
 θ 角度

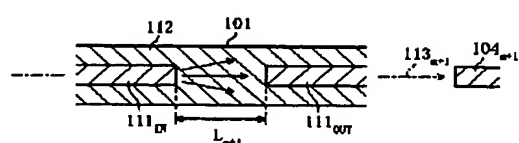
【図1】



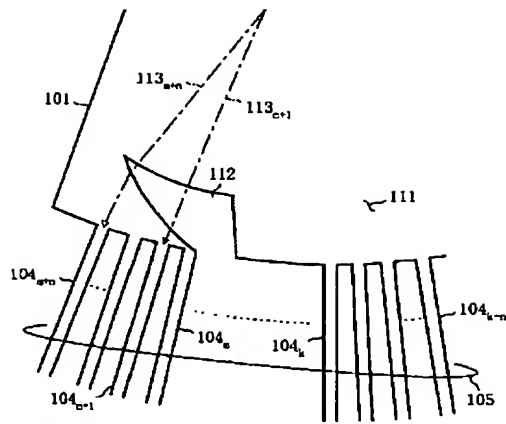
【図3】



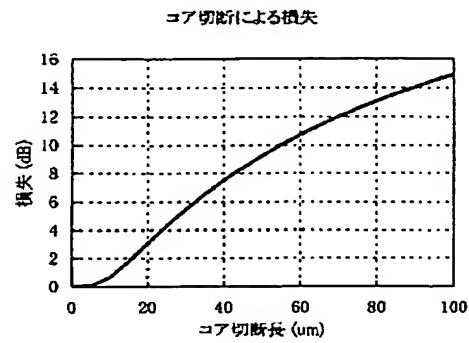
【図4】



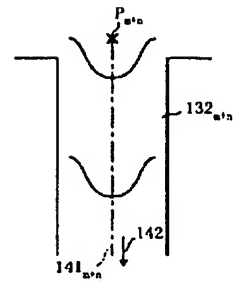
【図2】



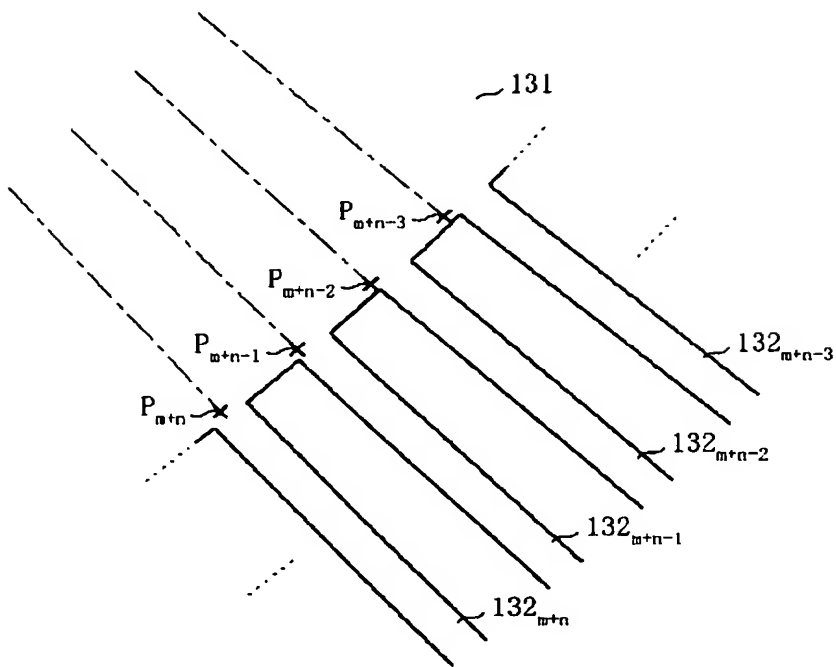
【図5】



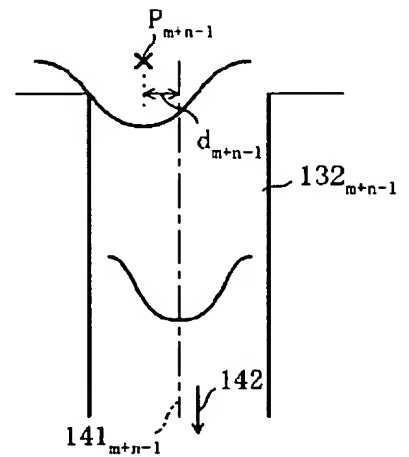
【図7】



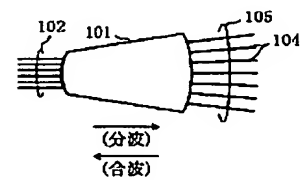
【図6】



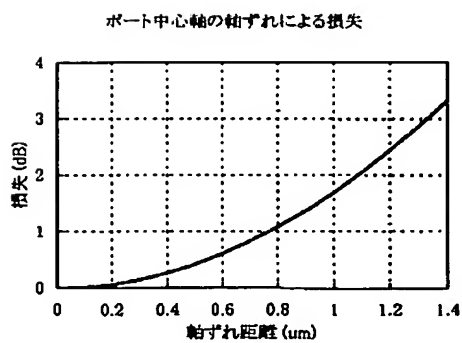
【図8】



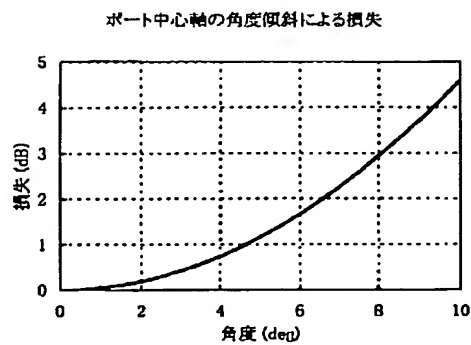
【図18】



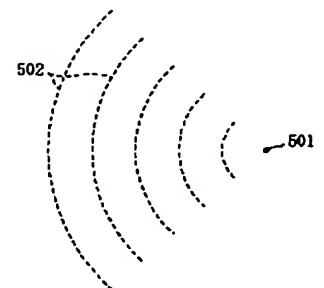
【図9】



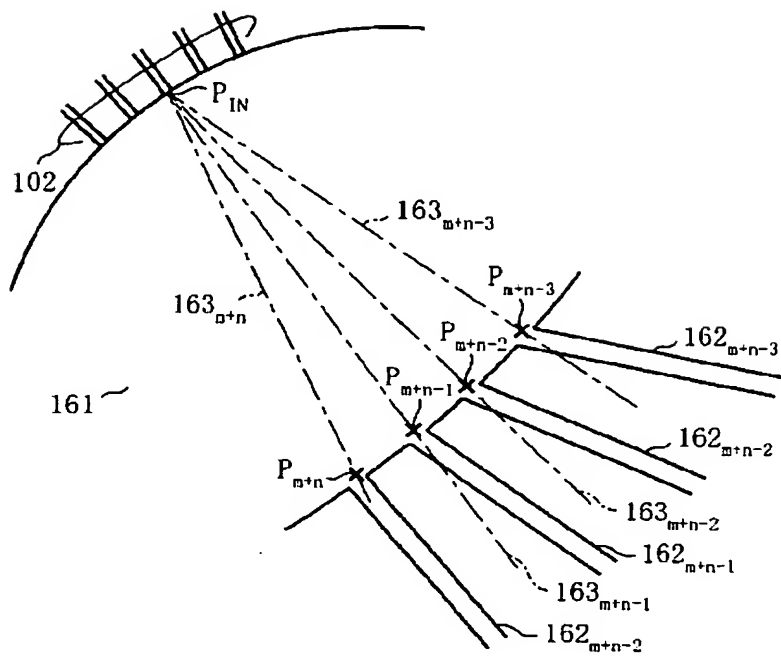
【図12】



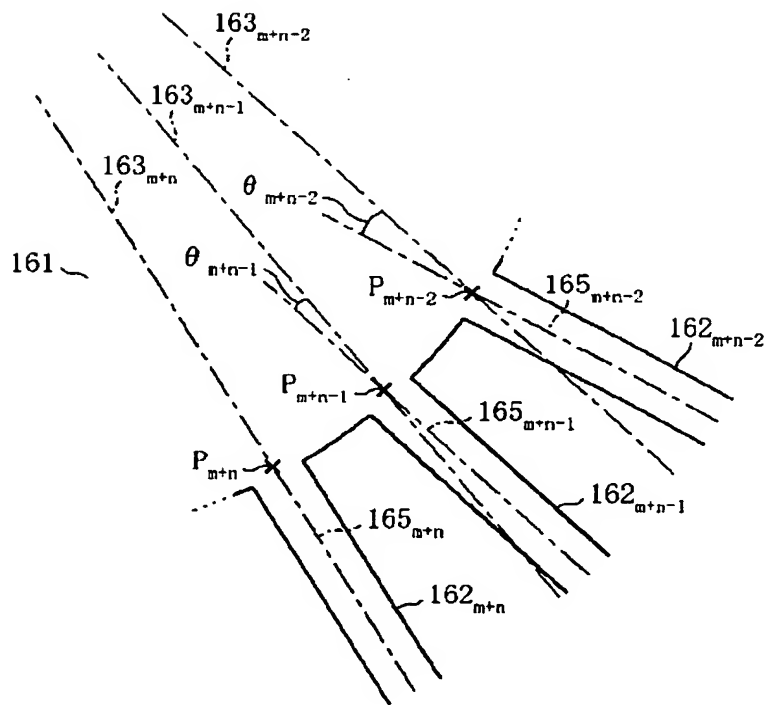
【図23】



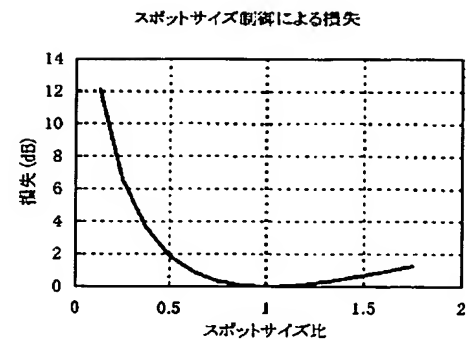
【図10】



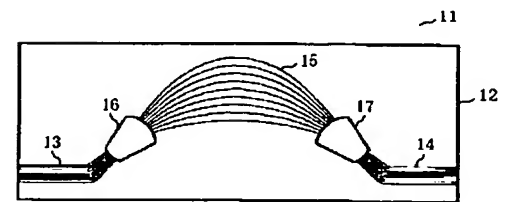
【図11】



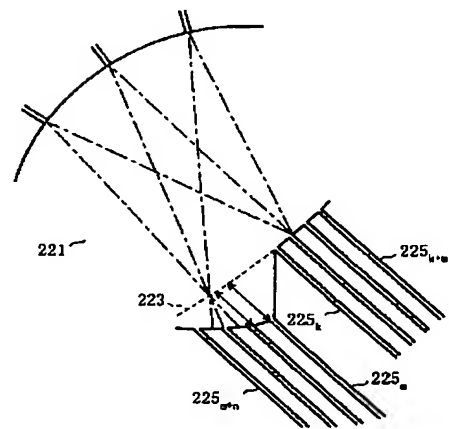
【図14】



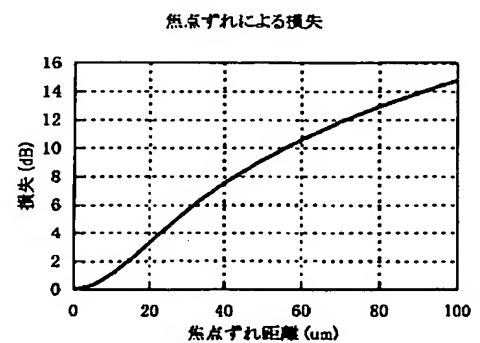
【図24】



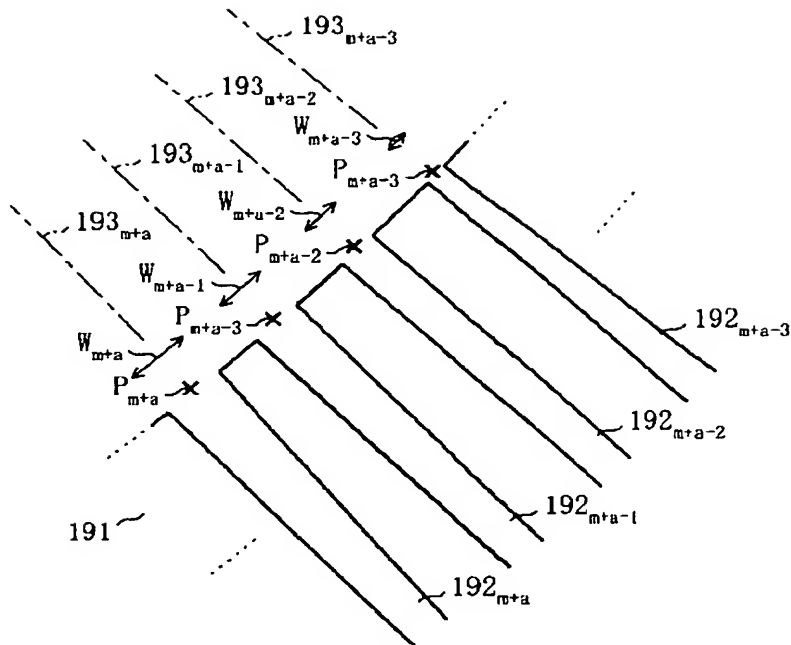
【図15】



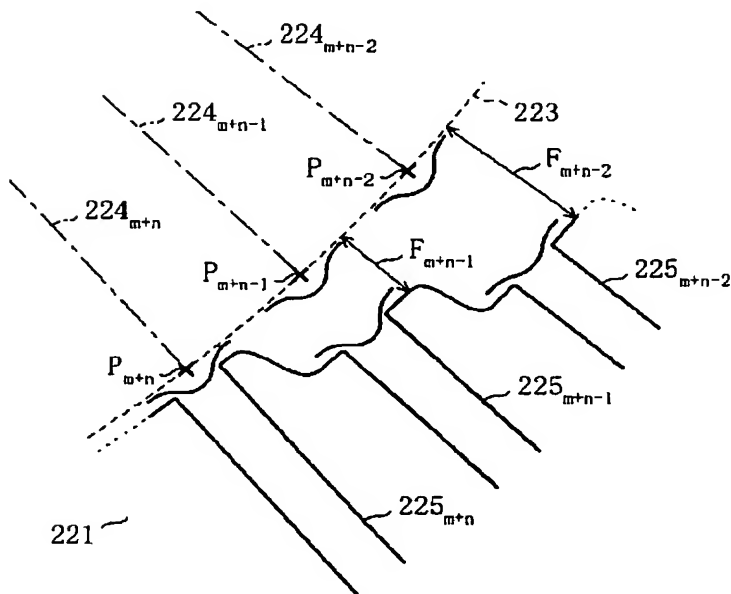
【図17】



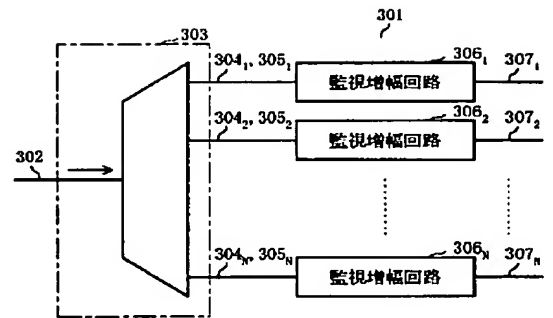
【図13】



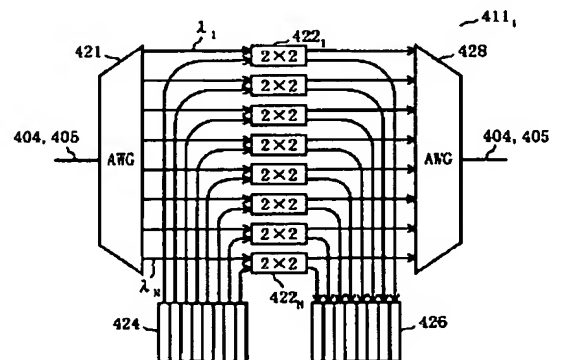
【図16】



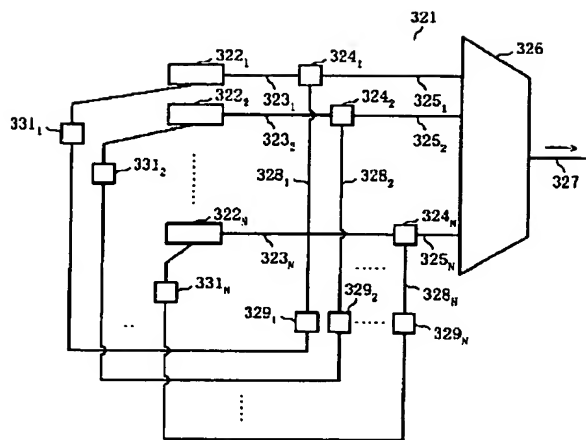
【図19】



【図22】



【図20】



【図21】

